Esgotamento sanitário

Operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos

Guia do profissional em treinamento

Nível **2**

Promoção Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA

Realização Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – Nucase

Instituições integrantes do Nucase Universidade Federal de Minas Gerais (líder) | Universidade Federal do Espírito Santo | Universidade Federal do Rio de Janeiro | Universidade Estadual de Campinas

Financiamento Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia | Fundação Nacional de Saúde do Ministério da Saúde | Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades

Apoio organizacional Programa de Modernização do Setor Saneamento–PMSS

Patrocínio FEAM/Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Esgotamento sanitário

Operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos

Guia do profissional em treinamento

Nível 2

Apresentação da ReCESA

A criação do **Ministério das Cidades** no Governo do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, em 2003, permitiu que os imensos desafios urbanos passassem a ser encarados como política de Estado. Nesse contexto, a **Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental** (SNSA) inaugurou um paradigma que inscreve o saneamento como política pública, com dimensão urbana e ambiental, promotora de desenvolvimento e da redução das desigualdades sociais. Uma concepção de saneamento em que a técnica e a tecnologia são colocadas a favor da prestação de um serviço público e essencial.

A missão da SNSA ganhou maior relevância e efetividade com a agenda do saneamento para o quadriênio 2007–2010, haja vista a decisão do Governo Federal de destinar, dos recursos reservados ao Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, 40 bilhões de reais para investimentos em saneamento.

Nesse novo cenário, a SNSA conduz ações em capacitação como um dos instrumentos estratégicos para a modificação de paradigmas, o alcance de melhorias de desempenho e da qualidade na prestação dos serviços e a integração de políticas setoriais. O projeto de estruturação da **Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA** constitui importante iniciativa nesta direção.

A ReCESA tem o propósito de reunir um conjunto de instituições e entidades com o objetivo de coordenar o desenvolvimento de propostas pedagógicas e de material didático, bem como promover ações de intercâmbio e de extensão tecnológica que levem em consideração as peculiaridades regionais e as diferentes políticas, técnicas e tecnologias visando capacitar profissionais para a operação, manutenção e gestão dos sistemas de saneamento. Para a estruturação da ReCESA foram formados Núcleos Regionais e um Comitê Gestor, em nível nacional.

Por fim, cabe destacar que este projeto ReCESA tem sido bastante desafiador para todos nós. Um grupo, predominantemente formado por profissionais da engenharia, mas, que compreendeu a necessidade de agregar outros olhares e saberes, ainda que para isso tenha sido necessário "contornar todos os meandros do rio, antes de chegar ao seu curso principal".

Comitê gestor da ReCESA

Nucase

O **Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – Nucase** tem por objetivo o desenvolvimento de atividades de capacitação de profissionais da área de saneamento, nos quatro estados da região sudeste do Brasil.

O Nucase é coordenado pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, tendo como instituições co-executoras a Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, a Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e a Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Atendendo aos requisitos de abrangência temática e de capilaridade regional, as universidades que integram o Nucase têm como parceiros, em seus estados, prestadores de serviços de saneamento e entidades específicas do setor.

Coordenadores institucionais do Nucase

Os guias

A coletânea de materiais didáticos produzidos pelo Nucase é composta de 42 guias que serão utilizados em oficinas de capacitação para profissionais que atuam na área do saneamento. São seis guias que versam sobre o manejo de águas pluviais urbanas, doze relacionados aos sistemas de abastecimento de água, doze sobre sistemas de esgotamento sanitário, nove que contemplam os resíduos sólidos urbanos e três terão por objeto temas que perpassam todas as dimensões do saneamento, denominados temas transversais.

Dentre as diversas metas estabelecidas pelo Nucase, merece destaque a produção dos **Guias dos profissionais em treinamento**, que servirão de apoio às oficinas de capacitação de operadores em saneamento que possuem grau de escolaridade variando do semi-alfabetizado ao terceiro grau. Os guias têm uma identidade visual e uma abordagem pedagógica que visa estabelecer um diálogo e a troca de conhecimentos entre os profissionais em treinamento e os instrutores. Para isso, foram tomados cuidados especiais com a forma de abordagem dos conteúdos, tipos de linguagem e recursos de interatividade.

Equipe da central de produção de material didático – CPMD

Apresentação da área temática:

Esgotamento sanitário

A série de guias relacionada ao esgotamento sanitário resultou do trabalho coletivo que envolveu a participação de dezenas de profissionais. Os temas que compõem esta série foram definidos por meio de uma consulta a companhias de saneamento, prefeituras, serviços autônomos de água e esgoto, instituições de ensino e pesquisa e profissionais da área, com o objetivo de se definirem os temas que a comunidade técnica e científica da Região Sudeste considera, no momento, os mais relevantes para o desenvolvimento do Projeto Nucase.

Os temas abordados nesta série dedicada ao esgotamento sanitário incluem: *Qualidade de água e controle da poluição; Operação e manutenção de redes coletoras de esgotos; Operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos; Processos de tratamento de esgotos; Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos; Amostragem, preservação e caracterização físico-química e microbiológica de esgotos; Gerenciamento, tratamento e disposição final de lodos gerados em ETE*.

Certamente há muitos outros temas importantes a serem abordados, mas considera-se que este é um primeiro e importante passo para que se tenha material didático, produzido no Brasil, destinado à profissionais da área de saneamento que raramente têm oportunidade de receber treinamento e atualização profissional.

Coordenadores da área temática esgotamento sanitário

Sumário

Introdução 10
Geração e caracterização de esgotos domésticos 13
Consumo de água e geração de esgotos 13
Caracterização dos esgotos domésticos 16
Transporte dos Esgotos Domésticos e Aplicação das Estações Elevatórias 24
Tipos de sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários 25
Aplicação e posicionamento de estações elevatórias de esgoto 32
Operação e manutenção de estações elevatórias de esgoto 37
Partes constituintes das estações elevatórias 37
Bombas centrífugas 48
Tipos de estações elevatórias convencionais 53
Procedimentos de operação e manutenção de estações elevatórias 56
Encerramento 70
Noções básicas de hidráulica e eletricidade 73

Introdução

Olá, Profissional!

Você já parou para pensar quais seriam os motivos que levam à necessidade da coleta e transporte dos esgotos sanitários? Além disso, você já refletiu sobre quais seriam os motivos que levam à necessidade do uso de estações elevatórias de esgotos em sistemas de esgotamento sanitário? Ou até mesmo qual a necessidade e importância das atividades de operação e manutenção das estações elevatórias de esgotos?

Uma parcela significativa da população brasileira sofre com a ausência de serviços de saneamento cujas principais conseqüências são prejuízos à saúde das pessoas e danos ao meio ambiente. Nesse quadro, a disposição inadequada de resíduos sólidos, associada à carência de um adequado gerenciamento das águas pluviais urbanas, além da falta de acesso à água potável e do baixo atendimento por sistemas de esgotamento sanitário, prejudicam a qualidade de vida das pessoas e dificultam o progresso social.

É o caso, por exemplo, das diversas doenças que acometem a população brasileira, sobretudo aquelas pessoas menos favorecidas, em decorrência da falta de sistemas de coleta e afastamento de esgotos. Portanto, nesta oficina de capacitação, vamos dar atenção especial à operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos. Você verá que os assuntos abordados têm tudo a ver com o seu trabalho, com a sua comunidade e com seus hábitos.

Esta oficina de capacitação busca estimular o intercâmbio de experiências e destacar a importância do seu trabalho e das ações de saneamento na preservação do meio ambiente e na melhoria da qualidade de vida da população. Os principais objetivos desta oficina de capacitação são:

- Discutir sobre os problemas sócio-econômicos, ambientais e de saúde pública decorrentes da falta de saneamento.
- Apresentar e discutir os sistemas de esgotamento sanitário, a geração de esgostos, sua composição, seu transporte, sua destinação final e sua importância no contexto da bacia hidrográfica.
- Proporcionar a você e a seus colegas a compreensão da funcionalidade sanitária e ambiental de uma estação elevatória de esgotos, ressaltando a sua importância no contexto da bacia hidrográfica.
- Atualizar e aprimorar os seus conhecimenos sobre as atividades de operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos.

Você é um profissional que, certamente, já passou por muitas experiências importantes em seu trabalho e na sua casa. Apostamos que tem muito a ensinar, aprender e trocar conosco e com os seus colegas. Para subsidiar as nossas discussões, elaboramos este guia, organizado em quatro conceitos-chave. São eles:

- Geração e caracterização dos esgotos.
- Transporte dos esgotos domésticos e aplicação das estações elevatórias.
- Estações elevatórias de esgotos.

A função deste guia é orientá-lo durante a oficina de capacitação. Para tal, apresentamos os objetivos, as orientações para as atividades propostas e os assuntos abordados para cada conceito-chave.

A sua participação nas atividades é de extrema importância para o desenvolvimento de uma oficina proveitosa e agradável. Não deixe de expor suas dúvidas e comentários.

Antes de começarmos o nosso primeiro conceito-chave, sugerimos que você faça a atividade proposta a seguir, demonstrando seus conhecimentos sobre o tema.

Na sua rotina de trabalho, você sabe que procedimentos devem ser seguidos para realizar uma determinada atividade de operação e manutenção de uma estação elevatória de esgotos (EEE). Você já parou para pensar sobre quais são os principais problemas relacionados a essa atividade?

Reflita e se manifeste...

Quais são os principais problemas, associados à operação de uma EEE? Quais seriam as causas e as conseqüências desses problemas? Quais os possíveis impactos que eles poderiam ocasionar em uma bacia sanitária?

....

....

....

....

....

....

....

Bacia sanitária é a área a ser esgotada que contribui com o fluxo dos esgotos por gravidade para um mesmo ponto do interceptor, para uma estação elevatória ou para uma estação de tratamento de esgotos (ETE).

Agora que já começamos a discutir o tema da oficina, vamos abordar o nosso primeiro conceito-chave: "Geração e caracaterização de esgotos domésticos".

Nós demos apenas o chute inicial: quem vai fazer o gol é você! **Bons estudos!**

Geração e caracterização de esgotos domésticos

OBJETIVOS:

- Discutir o consumo de água e a geração de esgotos.

- Apresentar os conceitos de quota *per capita* de água e coeficiente de retorno.

- Discutir as impurezas encontradas nos esgotos domésticos e os problemas que elas acarretam aos cursos d'água, bem como os riscos à saúde pública.

- Apresentar e discutir os principais parâmetros de caracterização de esgotos domésticos.

No seu cotidiano, você sabe quantas vezes você escova os dentes, toma banho, faz refeições etc. Mas você sabe quanta água você consome por dia em suas atividades? E para onde vai a grande parte da água consumida? Para o esgoto é claro! Então, quanto esgoto você gera? Multiplique isso pelo número de pessoas que residem com você; depois, multiplique de novo pelo número de casas da sua rua, do seu bairro... Imagine a quantidade de água que deve ser consumida e, conseqüentemente, a quantidade de esgoto gerado na sua cidade!

Neste nosso primeiro conceito-chave vamos discutir sobre o consumo de água e a conseqüente geração de esgotos, suas características mais importantes, como também as impurezas presentes nos esgotos domésticos e os principais parâmetros utilizados para a sua caracterização.

Consumo de água e geração de esgotos

Vamos iniciar a nossa discussão sobre o consumo de água e a geração dos esgotos realizando a atividade a seguir.

Reflita e se manifeste...

Qual a quantidade total de água utilizada na sua residência em um dia? Qual a quantidade de água gasta por uma pessoa da sua casa em um dia? Qual o percentual de água consumida em sua casa que será retornado em forma de esgoto doméstico?

Durante a atividade anterior, discutiu-se o quanto você e seus colegas consomem de água e geram de esgoto por dia. Mas como se calcula o consumo de água e o volume de esgotos gerado por uma localidade?

O volume de esgotos domésticos gerado é calculado com base no consumo de água dos moradores de uma localidade. Cerca de 80% da água consumida é transformada em esgoto. Essa fração da água é denominada **coeficiente de retorno "R"** (R = vazão de esgotos/vazão de água).

O consumo de água, por sua vez, é calculado em função do número de moradores de uma localidade e do consumo médio diário de água por morador, denominado ***quota per capita* (QPC)**.

Os esgotos sanitários não se constituem apenas de esgotos domésticos. Existem ainda outras importantes contribuições, que devem ser consideradas para se garantir o bom funcionamento do sistema de esgotamento sanitário como um todo.

Vazão de esgotos sanitários

A vazão de esgoto sanitário que alcança a estação de tratamento de esgotos é composta pela soma de três parcelas: a vazão doméstica, a vazão de infiltração e a vazão industrial.

A **vazão doméstica** de esgotos em uma determinada localidade, geralmente, é constituída pelos esgotos gerados nas residências, no comércio e nos equipamentos públicos e instituições presentes na localidade. É bom lembrar que a magnitude da vazão doméstica varia substancialmente ao longo das horas do dia, dos dias da semana e dos meses do ano.

A partir da população de projeto (Pop), do consumo médio diário de água por habitante (QPC) e do coeficiente de retorno (R), a vazão doméstica média ($Qd_{méd}$) pode ser obtida da seguinte relação:

$$Q_{d_{méd}} = \frac{Pop \times QPC \times R}{86400} \quad (L/s)$$

A **vazão de infiltração** constitui a água que adentra na rede coletora através de tubos defeituosos, juntas, conexões, poços de visita etc.

Usualmente, a vazão de infiltração é quantificada na forma de uma taxa de infiltração por comprimento de rede. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em sua Norma Brasileira (NBR) 9649, cita a faixa de 0,05 a 1,0 L/s.km.

A **vazão industrial** depende do tipo e porte da indústria, grau de reciclagem da água, existência de pré-tratamento etc.

A **vazão total média** de esgotos sanitários ($Q_{méd}$) pode ser obtida pela soma dessas frações, a partir da seguinte expressão:

$$Q_{méd} = Q_{d_{méd}} + Q_{inf} + Q_{ind}$$

Vamos praticar um pouco!

Atividade individual

Considerando que, em uma localidade com 15 mil habitantes, o consumo per capita de água é de 250 L/hab.dia, calcule a vazão doméstica média de esgotos gerados na localidade.

Sabendo que essa localidade possui uma rede coletora com extensão de 30 km e que nela existe uma indústria que lança seus efluentes na rede pública de coleta com uma vazão média de 2 L/s, calcule a vazão total média dos esgotos gerados na localidade.

....

....

....

....

....

É importante ressaltar a proporcionalidade direta entre o tamanho da população da comunidade e a vazão de esgoto por ela gerada.

Agora já sabemos como se calcula a quantidade de esgoto gerado numa localidade. Você sabe quais são os poluentes presentes no esgoto? Existe alguma relação entre as unidades presentes nas EEE e os materiais presentes no esgoto? A caracterização do esgoto é importante para a concepção do sistema de esgotamento sanitário, sendo fundamental para sabermos o potencial do esgoto como poluidor e contaminador das águas e também o que fazer para reduzir esse potencial.

Caracterização dos esgotos domésticos

As características do esgoto, de uma forma geral, são determinadas pelas impurezas incorporadas à água em decorrência do uso para o qual ela foi destinada. Vamos, agora, discutir as impurezas presentes nos esgotos domésticos e os principais parâmetros utilizados para a sua caracterização.

Atividade em grupo

Quais as impurezas que vocês esperam encontrar no tanque, na máquina de lavar roupa, na pia de cozinha, no vaso sanitário, na pia do banheiro e no chuveiro?

Diferentes impurezas são incorporadas à água em cada um dos equipamentos citados. Contudo, quais são os principais parâmetros utilizados para a caracterização dos esgotos?

Parâmetros de caracterização dos esgotos domésticos

A maior parte dos esgotos domésticos, cerca de 99,9%, é constituída por água. A fração restante, 0,01 %, é composta por sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos. Para remover essa pequena fração referente aos sólidos é que os esgotos devem ser tratados.

A qualidade dos esgotos domésticos pode ser medida por diversos parâmetros que representam suas características físicas, químicas e biológicas. Os principais parâmetros de qualidade dos esgotos, agrupados em função do seu potencial como poluidor e contaminador de um curso d'água, são apresentados a seguir:

- Sólidos.
- Indicadores de matéria orgânica.
- Nutrientes.
- Indicadores de contaminação fecal.

Reflita e se manifeste...

Você conhece algum parâmetro de caracterização dos esgotos? Quais os impactos sobre o meio ambiente e quais os riscos à saúde estão associados a esses parâmetros? Você conhece alguma técnica de controle para esses impactos?

Vamos, agora, tratar dos principais constituintes dos esgotos e de suas formas usuais de representação e quantificação.

Sólidos

Com exceção dos gases, que serão abordados posteriormente, todas as impurezas encontradas na água contribuem para a carga de sólidos. Em termos práticos, os sólidos orgânicos são estimados a partir dos sólidos voláteis (SV) e os sólidos inorgânicos são representados pelos sólidos fixos (SF).

Faixas típicas de valores no esgoto bruto:

ST = 700 – 1350 mg/L
STV = 365 – 700 mg/L
SST = 200 – 450 mg/L
SSV = 165 – 350 mg/L
SSed = 10 – 20 mL/L

A areia, usualmente presente nos esgotos, é um exemplo de sólidos sedimentáveis (capazes de se sedimentarem no período de uma hora). A presença de areia pode causar danos às bombas das EEE. Em decorrência disso, é usual a utilização de caixas que permitam a remoção da areia por sedimentação nas EEE.

Indicadores de matéria orgânica

A matéria orgânica é o principal problema de poluição dos corpos d’água, por ser o alimento dos microrganismos que utilizam oxigênio dissolvido (OD) para degradá-la, reduzindo a concentração de OD presente nas águas.

A dimensão do impacto causado depende da carga poluidora do esgoto e da capacidade do corpo receptor de restabelecer o equilíbrio no meio aquático. A esse fenômeno de assimilação da carga poluidora relaciona-se o conceito de autodepuração das águas.

A quantificação da matéria orgânica presente nos esgotos é usualmente realizada de forma indireta, através de análises laboratoriais, sendo a mais comum a determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

- A DBO mede, indiretamente, a quantidade de matéria orgânica presente nos esgotos e consiste na determinação da quantidade de oxigênio consumido pelos microrganismos aeróbios para a degradação da matéria orgânica.

Faixas típicas de valores no esgoto bruto:
DBO = 250 – 400 mg/L

Nutrientes

Os principais nutrientes de interesse para a engenharia sanitária, na caracterização de esgotos sanitários, são o nitrogênio (N) e o fósforo (P).

Nitrogênio e Fósforo (N e P)

- São nutrientes essenciais para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico e, também, para o crescimento de algas e outras plantas aquáticas, podendo provocar a **eutrofização** de lagos e represas. Estão presentes nos esgotos domésticos, fezes de animais e fertilizantes utilizados na agricultura.

- No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas formas de nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico, amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). O nitrogênio, na forma de amônia livre, é diretamente tóxico aos peixes; na forma de nitrato, o nitrogênio pode causar uma doença conhecida como síndrome do bebê azul, que pode levar a criança à morte.

- Nos esgotos domésticos predominam o nitrogênio orgânico e a amônia, que, juntos, constituem o chamado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK). A forma predominante do nitrogênio em um corpo d'água pode indicar se a poluição é recente (se predomina a amônia) ou remota (se predomina o nitrato).

- Em estações de tratamento de esgotos ou em cursos d'água, a conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato (nitrificação) implica o consumo de OD.

Faixas típicas de valores no esgoto bruto:	**Nitrogênio total = 35 – 60 mgN/L** **Amônia total = 20 – 35 mgNH_3-N/L** **Fósforo = 4 – 15 mgP/L**

A **eutrofização** é o crescimento exagerado de algas e plantas aquáticas, causado por excesso de nutrientes (N e P), sendo mais comum em locais onde há águas paradas, como lagos, lagoas e represas.

São conseqüências da eutrofização:

- A redução do OD e danos aos peixes e a outros organismos.
- Prejuízos a alguns usos da água, como abastecimento e recreação.

A principal forma de controle da eutrofização é o tratamento dos esgotos.

Organismos patogênicos presentes nos esgotos

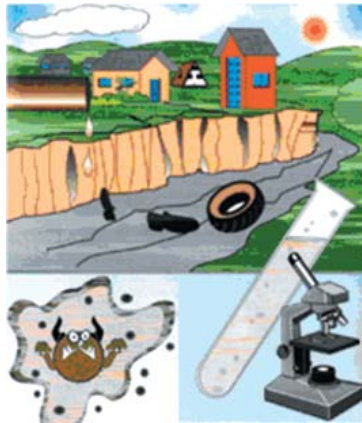
Diversos organismos podem ser encontrados nos esgotos. Os principais grupos capazes de causar doenças nos homens e nos animais são as bactérias, os vírus, os protozoários e os helmintos, que trazem riscos à saúde das pessoas.

A possível presença desses agentes patogênicos ressalta a importância das ações de segurança que visam à proteção dos trabalhadores nas atividades de operação e manutenção de EEE, tais como: utilizar equipamentos de proteção individual (EPI), realizar a vacinação dos trabalhadores, lavar e esterilizar as mãos e as ferramentas utilizadas após a realização das atividades operacionais, enfim, seguir sempre os procedimentos de segurança.

A origem desses organismos patogênicos é predominantemente humana, refletindo diretamente o nível de saúde e as condições de saneamento básico da comunidade. A quantidade de agentes patogênicos presentes no esgoto é bastante variável e depende, entre outros fatores, das condições socioeconômicas e sanitárias da população.

Os principais parâmetros empregados para a avaliação do potencial do esgoto como contaminador das águas são os coliformes termotolerantes e os ovos de helmintos.

Coliformes termotolerantes (C_{ter})

- Grupo de bactérias que vivem, em sua maioria, no intestino de homens e animais, existindo também no meio ambiente. Indicam provável contaminação por fezes e possibilidade de presença de microrganismos patogênicos (organismos não visíveis a olho nu, capazes de provocar doenças nos homens).

Faixas típicas de valores no esgoto bruto:
C_{ter} = 10^6 a 10^9 org/mL

Ovos de helmintos

- Os ovos de helmintos são removidos dos esgotos por mecanismos de sedimentação, portanto, tendem a se acumular junto aos sólidos nas unidades do sistema de esgotamento sanitário que empregam a sedimentação (por exemplo, nas caixas de areia). Por isso, nas atividades de operação e manutenção de EEE, deve-se evitar o contato direto do operador também com o material sólido eventualmente presente e utilizar sempre os EPI, para a proteção da saúde dos trabalhadores.

Faixas típicas de valores no esgoto bruto:
Helmintos (ovos) =
0 a 1.000 org/100mL

Discutimos os principais parâmetros de caracterização dos esgotos e alguns problemas associados a eles. Já sabemos que embora presente em quantidade relativamente pequena, a maior parte das impurezas presentes nos esgotos estão relacionados aos sólidos. Porém, é usual nos sistemas de esgotamento sanitário, a presença de gases causadores de maus odores, podendo ser ainda danosos ao homem e ao funcionamento do sistema. Esse é o nosso próximo assunto.

Gases relacionados aos esgotos e compostos causadores de maus odores e corrosão

Vamos iniciar este assunto discutindo possíveis relações entre a presença desses gases e as atividades de operação e manutenção de EEE por meio da atividade a seguir.

Reflita e se manifeste...

Quais os gases presentes em maior abundância nos sistemas de coleta e transporte de esgoto sanitário? Quais são os principais riscos e problemas associados a esses gases? O que pode ser feito para reduzi-los?

Se não podemos ver os gases usualmente emanados dos esgotos, podemos notá-los por outros meios. A presença de maus odores provenientes dos esgotos, a ocorrência de corrosão, casos de intoxicação de operadores, enfim, todos esses eventos estão relacionados à presença desses gases.

Os sistemas de esgotamento sanitário apresentam um elevado potencial de formação de substâncias que são passíveis de gerar odores ofensivos e corrosão às estruturas integrantes do sistema. As substâncias responsáveis pela geração de odores ofensivos encontradas em esgoto sanitário são, de modo geral, resultantes de decomposição anaeróbia de matéria orgânica contendo enxofre e nitrogênio e, principalmente, pela reação de sulfatos gerando sulfeto.

O sulfeto de hidrogênio (H_2S) ou gás sulfídrico é o mais importante gás observado em sistemas de coleta e transporte de esgoto sanitário, associado à produção de odores desagradáveis, corrosão e toxidez. O H_2S tem um odor característico de ovo podre, é extremamente tóxico e é corrosivo a metais. É também precursor da formação de ácido sulfúrico (H_2S0_4), o qual corrói concreto, pintura à base de chumbo, metais e outros materiais.

Nos sistemas de coleta e transporte de esgoto sanitário, os problemas relacionados à presença de sulfetos são observados, principalmente, em coletores troncos, interceptores e emissários, implantados normalmente em concreto, em poços de sucção de elevatórias e também em tubulações metálicas de linhas de recalque de maior porte.

Uma vez que as condições que favorecem a formação de gás sulfídrico (H_2S) são também, normalmente, aquelas favoráveis à produção de compostos orgânicos mal cheirosos, nas atividades de operação e manutenção de EEE, a presença de maus odores pode ser um indicativo da possível ocorrência de condições tóxicas ao homem.

As principais substâncias responsáveis pela produção de odor e corrosão, quando em concentrações elevadas, são também tóxicas ao homem e representam perigo aos operadores dos sistemas de esgotamento sanitário.

Agora conhecemos melhor as características dos esgotos sanitários e sabemos quais são os principais parâmetros de qualidade relacionados a elas. Quais são as relações existentes entre as características do esgoto e o seu trabalho? Vamos refletir sobre esse assunto a partir da leitura e discussão do texto a seguir, extraído do site do governo da Paraíba, publicado no jornal "A União" no dia 10 de janeiro de 2007, que trata da presença de sólidos de grandes dimensões nos sistemas de esgotamento e nas elevatórias.

Para ler e refletir...

Cagepa[1] faz limpeza em estação elevatória

Cadeiras, canos de ferro, latões e estruturas metálicas foram alguns dos entulhos retirados, ontem, pela Cagepa, da Estação Elevatória de Esgotos, localizada na comunidade do Alto do Céu, em João Pessoa.

De acordo com o gerente de Manutenção de Esgotos da estatal, Carlos Augusto, o lixo lançado na estrutura por vândalos causou a obstrução da tubulação e, conseqüentemente, o transbordamento dos detritos.

O problema gerou transtorno para a população, que viu o esgoto correr pelas ruas, espalhando muito mau cheiro. Carlos Augusto explicou que os problemas gerados pelos vândalos, na área, não são novidades e vira-e-volta os transtornos acontecem. "Estamos recuperando novamente a estrutura, para que a estação entre em funcionamento ainda hoje (ontem)", explicou.

O lançamento de lixo no esgoto tem causado grandes prejuízos para a Cagepa. De acordo com Carlos Augusto, a empresa atende cerca de 200 chamados para desobstruir as tubulações da rede coletora de esgotos por mês. Além disso, são retiradas das estações elevatórias da empresa cerca de 10 toneladas de lixo todos os meses, lançadas no esgoto através do vaso sanitário ou dos poços de visita.

A lista dos produtos comumente encontrados inclui sacolas plásticas, roupas, sapatos, absorventes, partes de móveis, tijolos e animais. "Retiramos recentemente um porco de 50 quilos, que foi lançado na rede coletora por vândalos", disse Augusto, deixando claro que a população precisa fiscalizar essas ações, pois os problemas decorrentes sempre trazem transtornos para os moradores.

[1] Cagepa - Companhia de Água e Esgoto da Paraíba

Vamos explorar um pouco mais o assunto desse texto, realizando o debate proposto a seguir!

Reflita e se manifeste...

No seu cotidiano de trabalho você encontra problemas desse tipo? Quais medidas seriam importantes para minimizar efeitos negativos nas elevatórias? O que você poderia fazer como cidadão para evitar eventos como esses?

Vamos, agora, tratar do transporte e afastamento dos esgotos e da aplicação das estações elevatórias, assuntos do nosso próximo conceito-chave.

OBJETIVOS:

- Discutir as possíveis formas de esgotamento sanitário de uma localidade.

- Apresentar as partes constitutivas de um sistema completo de esgotamento sanitário.

- Contextualizar os sistemas de esgotamento dentro do conceito de bacias sanitárias.

- Discutir a aplicação das estações elevatórias de esgotos.

Transporte dos Esgotos Domésticos e Aplicação das Estações Elevatórias

No conceito chave anterior vimos os assuntos relacionados com geração e caracterização dos esgotos e percebemos que, em grande parte, as nossas rotinas diárias determinam a quantidade e a qualidade dos esgotos que produzimos. A partir de agora, vamos focar os aspectos relacionados à condução dos esgotos gerados em nossos domicílios ao longo da cidade até o seu tratamento e destinação adequada. É nesse contexto que as estações elevatórias dos esgotos aparecem, integrando o sistema de esgotamento sanitário.

Neste conceito-chave, vamos discutir a forma como os esgotos são retirados das residências e para onde eles são destinados. Discutiremos, também, as aplicações das estações elevatórias de esgotos como parte constituinte do sistema de esgotamento sanitário, abordando os aspectos que levam à necessidade da sua utilização.

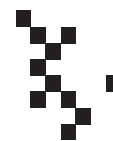
Vamos iniciar a nossa discussão sobre os sistemas de esgotamento sanitário, realizando a atividade proposta a seguir.

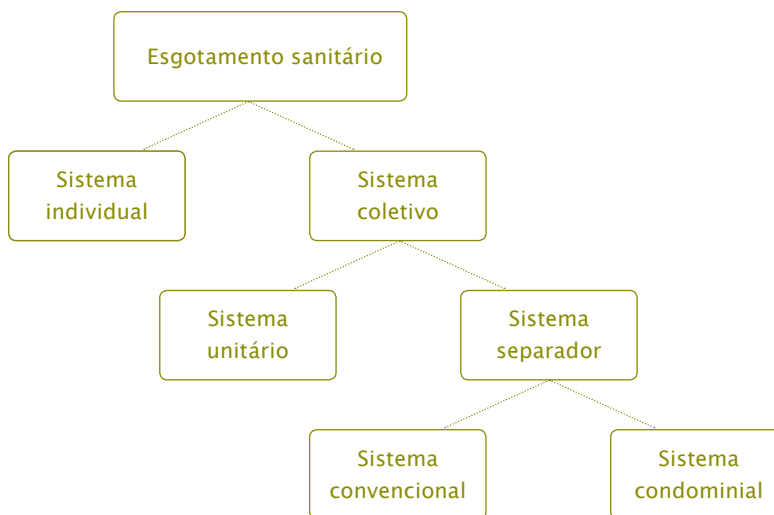
Atividade em grupo

Inicialmente, vamos debater em conjunto as seguintes questões:

Para onde vai o esgoto gerado em sua residência? Você conhece alguma localidade na qual esse destino é diferente? Por que o sistema de esgotamento sanitário e as elevatórias são importantes? Em que situações você acha que as elevatórias são necessárias?

Em um segundo momento, reunidos em grupos, cada grupo receberá uma planta, contendo partes do sistema de esgotamento sanitário de uma localidade, na qual se deve propor um sistema de esgotamento sanitário, lançando todas as partes constituintes necessárias.

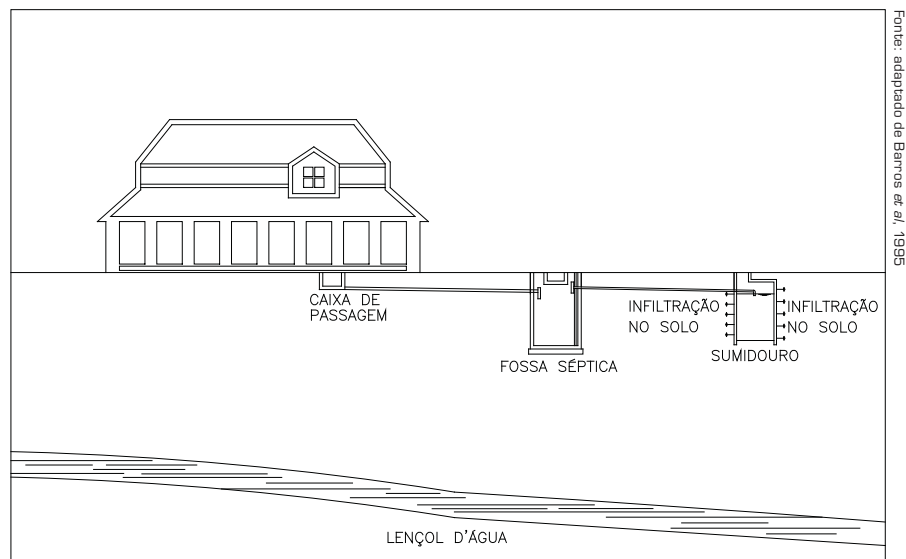
Tipos de sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários

Existem basicamente dois tipos de sistemas como soluções para o esgotamento sanitário de uma determinada área: o sistema individual e o sistema coletivo.

Principais variantes de esgotamento sanitário

Fonte: adaptado de von Sperling, 2005

Sistemas Individuais

Os sistemas individuais, também chamados de sistemas estáticos, são adotados para atendimento unifamiliar e consistem no lançamento dos esgotos domésticos gerados em uma unidade habitacional, usualmente em fossa séptica seguida de dispositivo de infiltração no solo (sumidouro).

Tais sistemas funcionam de forma satisfatória e econômica se:

- As habitações forem esparsas (grandes lotes com elevada porcentagem de área livre ou meio rural).
- O solo apresentar boas condições de infiltração.
- O nível de água subterrânea se encontrar a uma profundidade adequada, de forma a evitar o risco de contaminação por microrganismos transmissores de doenças.

Sistema individual

Sistemas Coletivos

Os sistemas coletivos, também chamados de sistemas dinâmicos, são indicados para locais com elevada densidade populacional. Essa solução é composta por redes coletoras e interceptores que recebem o lançamento dos esgotos, transportando-os ao seu destino final de forma sanitariamente adequada.

Sistema coletivo unitário (ou combinado)

Neste sistema, os esgotos sanitários e as águas de chuva são conduzidos ao seu destino final dentro da mesma canalização. Os sistemas unitários, usualmente, não são utilizados no Brasil, devido a inconvenientes como os que se seguem:

- Grandes dimensões das canalizações.
- Custos iniciais elevados.
- Riscos de refluxo do esgoto sanitário para o interior das residências, por ocasiões das cheias.
- Ocorrência do mau cheiro proveniente de bocas de lobo e demais pontos do sistema.

Sistema coletivo unitário

Sistema coletivo separador

O sistema separador é o sistema adotado no Brasil para o esgotamento sanitário, portanto, nesta oficina, ele será tratado com mais detalhes. Para iniciar esse assunto, propomos o debate a seguir.

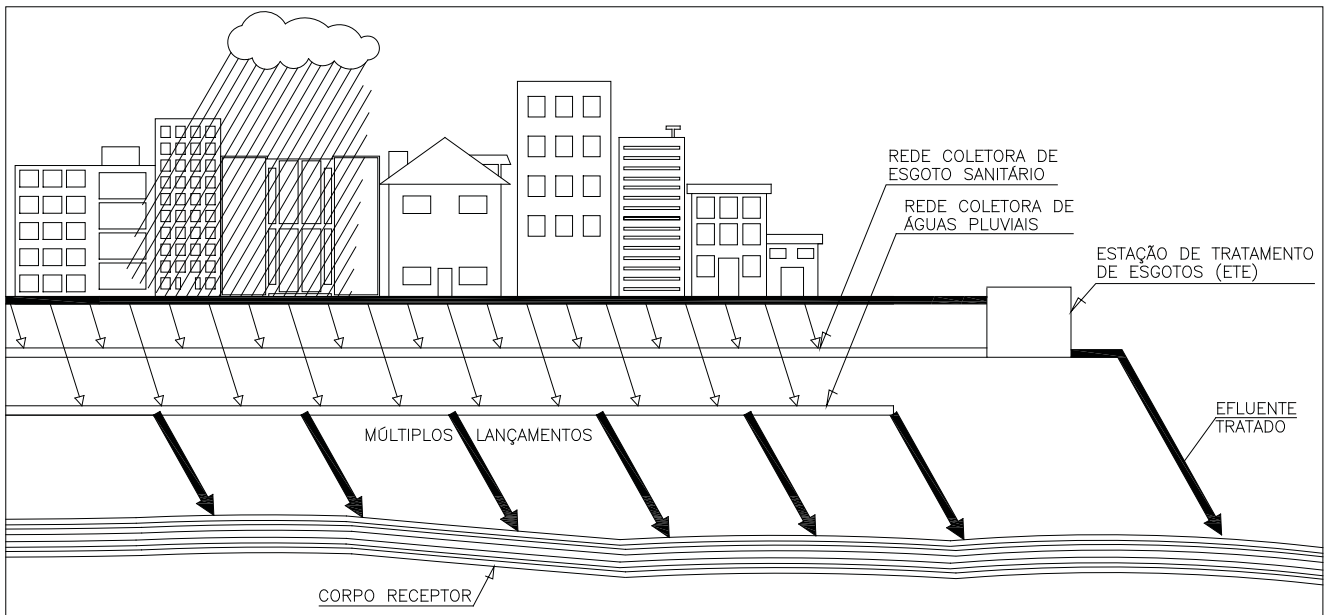
Reflita e se manifeste...

O que é sistema separador? Quais são as principais vantagens desse sistema? Por que as pessoas não devem lançar águas pluviais nos esgotos domésticos ou o contrário? Quais os possíveis problemas para operação do sistema de esgotamento sanitário, para o meio ambiente e para a saúde das pessoas?

Vamos aprofundar um pouco mais!

No Brasil, adota-se o sistema separador absoluto, devido a muitas vantagens. Algumas delas são citadas a seguir:

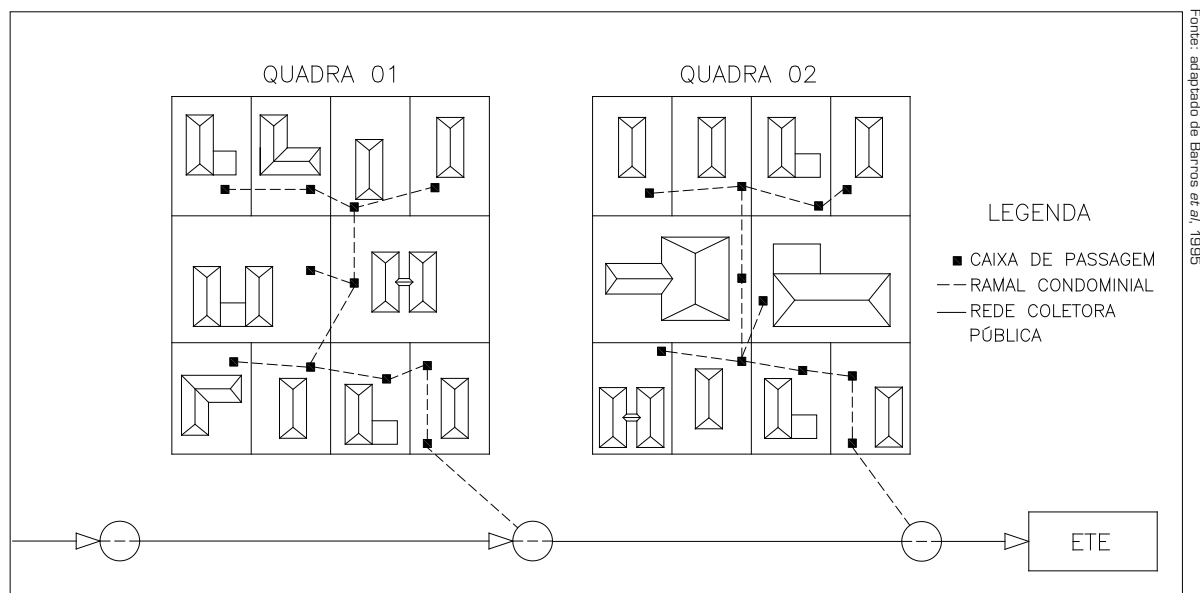
- O afastamento das águas pluviais (de chuva) é facilitado, pois pode haver diversos lançamentos ao longo do curso d’água, sem necessidade de seu transporte a longas distâncias.
- Menores dimensões das canalizações de coleta e afastamento das águas residuárias;

- Redução dos custos e prazos de construção.
- Melhoria das condições de tratamento dos esgotos sanitários.
- Não ocorrência de extravasão dos esgotos nos períodos de chuva intensa, reduzindo-se a possibilidade da poluição dos corpos d'água.

Fonte: adaptado de Barros *et al*, 1995

Sistema coletivo separador

Observa-se, na prática, a indesejável ocorrência de uma grande quantidade de ligações clandestinas, algumas lançando esgotos nos sistemas de águas pluviais e outras lançando águas de chuva nos sistemas de esgotos sanitários. Pela existência de tais ligações, os sistemas nem sempre são totalmente separadores. As ligações clandestinas trazem problemas à operação de sistemas de esgotamento e de águas pluviais. Esforços devem ser feitos para diminuir o número de ligações clandestinas.

Sistema coletivo separador condominial

Este sistema é uma forma de concepção do traçado de redes, cuja idéia central é a formação de condomínios, em grupos de usuários, no nível de quadra urbana, como unidade de esgotamento. A solução assemelha-se à dos ramais multifamiliares de esgoto dos edifícios de apartamento, sendo que, no lugar de prédios e apartamentos, têm-se quadras e casas. Apresentamos, a seguir, um desenho típico desse tipo de sistema.

Sistema condominial

Sistema coletivo separador convencional

A solução de esgotamento sanitário mais frequentemente usada para o atendimento de um município é a dos sistemas denominados convencionais.

As unidades que podem compor um sistema convencional de esgotamento sanitário são as seguintes:

- **Canalizações:** tubulações e conexões que conduzem por gravidade os esgotos, isto é, os esgotos fluem espontaneamente dos pontos mais altos para os pontos mais baixos da rede.
  - **Ramal predial:** transporta os esgotos para a rede pública de coleta.
  - **Coletor:** recebe os esgotos das residências e demais edificações, transportando-os aos coletores-tronco.
  - **Coletor-tronco:** recebe as contribuições dos coletores, transportando-os aos interceptores.
  - **Interceptor:** localizado nos fundos de vale, margeando cursos d'água ou canais. Os interceptores são responsáveis pelo transporte dos esgotos gerados na sua sub-bacia, evitando que os mesmos sejam lançados nos corpos d'água.
  - **Emissário:** similares aos interceptores, com a diferença de que não recebem contribuições ao longo do percurso. A sua função é transportar os esgotos até a estação de tratamento de esgotos.

- **Órgãos complementares e acessórios:** devido à presença nos esgotos de grande quantidade de sólidos e ainda pelo fato de ser necessário à rede coletora funcionar como conduto livre, é preciso que as canalizações tenham dispositivos que permitam a minimização de entupimentos, possibilitando ainda o acesso de pessoas ou equipamentos nesses pontos. São eles: o poço de visita (PV), o terminal de limpeza (TL), a caixa de passagem (CP) e o tubo de inspeção e limpeza (TIL).

Fonte: adaptado de Barros *et al*, 1995

Partes constitutivas do sistema convencional

Para saber mais...

Caso você se interesse por esse assunto, que tal aprofundar os seus conhecimentos relacionados aos sistemas coletivos de coleta e transporte de esgotos sanitários, utilizando uma mini-rede coletora? Faça a oficina intitulada "Operação e manutenção de rede coletora de esgotos – nível 2".

- **Estações elevatórias:** quando as profundidades das tubulações tornam-se demasiadamente elevadas, quer devido à baixa declividade do terreno, quer devido à necessidade de se transpor uma elevação, torna-se necessário bombear os esgotos para um nível mais elevado. A partir desse ponto, os esgotos podem voltar a fluir por gravidade. As unidades que fazem o bombeamento são denominadas estações elevatórias.

Fonte: EEE em Uberlândia/MG

Conjuntos moto-bomba e quadro de comando em EEE

- **Estações de tratamento:** a finalidade das estações de tratamento de esgotos é a de remover os poluentes dos esgotos, os quais viriam a causar uma deterioração da qualidade dos corpos d'água e a possibilidade de transmissão de doenças. Deve-se reforçar que o sistema de esgotamento sanitário só pode ser considerado completo se incluir a etapa de tratamento.

Fonte: EEE Laboreaux, em Itabira/MG

- **Disposição final:** após o tratamento, os esgotos podem ser lançados ao corpo d'água receptor ou, eventualmente, aplicados ao solo.

Para saber mais...

Caso você se interesse por esse assunto, mais informações sobre sistemas de tratamento de esgotos podem ser encontradas na oficina intitulada "Processos de tratamento de esgotos – nível 2"

Para a definição do sistema de coleta, condução e destinação adequada dos esgotos sanitários gerados na área em estudo, é necessária a avaliação de alternativas diferentes. Ao se estudarem as alternativas de esgotamento sanitário de uma localidade costuma-se delimitar as bacias sanitárias a serem esgotadas. Vamos discutir um pouco esse assunto...

Atividade em grupo

O esgotamento sanitário de uma localidade pode ser feito de forma centralizada ou descentralizada. Cada grupo deve escolher uma das soluções e defendê-la junto aos demais colegas.

As soluções de tratamento dos esgotos coletados, em estações localizadas em pontos diferentes ou mesmo em uma única estação de tratamento para atendimento a toda população, deverão ser concepções cuja solução mais adequada deverá ser selecionada após criterioso estudo técnico-econômico de alternativas possíveis para as diversas partes do sistema.

Vamos agora voltar o foco das nossas discussões para as estações elevatórias de esgoto!

Aplicação e posicionamento de estações elevatórias de esgoto

Vimos que o sucesso do sistema de esgotamento sanitário de uma localidade depende de um estudo que confronte as alternativas possíveis a cada uma de suas partes em busca daquelas de maior viabilidade técnico-econômica. É o exemplo da aplicação e do posicionamento de estações elevatórias de esgoto, cuja adequada definição depende de um estudo criterioso para o levantamento e avaliação das alternativas possíveis para o esgotamento sanitário da localidade.

Para iniciarmos a discussão desse assunto, propomos a leitura do texto apresentado a seguir que trata de um estudo de caso de análise e redimensionamento de estações elevatórias de esgoto. Boa Leitura!

Para ler e refletir...

Análise e redimensionamento das estações elevatórias de esgoto do município de Araguari – MG

"(...) A cidade de Araguari, localizada no Triângulo Mineiro, estado de Minas Gerais, possui 101.974 (censo/2000) habitantes. Noventa por cento da população é servida de redes coletoras de esgoto. A zona urbana está situada dentro de cinco bacias hidrográficas:

1. Bacia do Córrego Brejo Alegre – bacia principal, onde se concentra todo esgoto coletado e corta o centro da cidade, dividindo-a em norte e sul;
2. Bacia do Córrego dos Verdes;
3. Bacia do Córrego do Desamparo;
4. Bacia do Córrego das Araras;
5. Bacia do Córrego da Lagoa Seca;

A concepção do esgotamento sanitário é reverter todo esgoto coletado para a bacia do Córrego Brejo Alegre, que possui projeto para construção de uma estação de tratamento de esgoto. No ano de 2000, existiam onze estações elevatórias de esgoto operando na cidade, distribuídas de acordo com a figura 01."

"Uma simples comparação entre o número de bacias e o número de estações existentes, já demonstrava uma desproporcionalidade (...)."

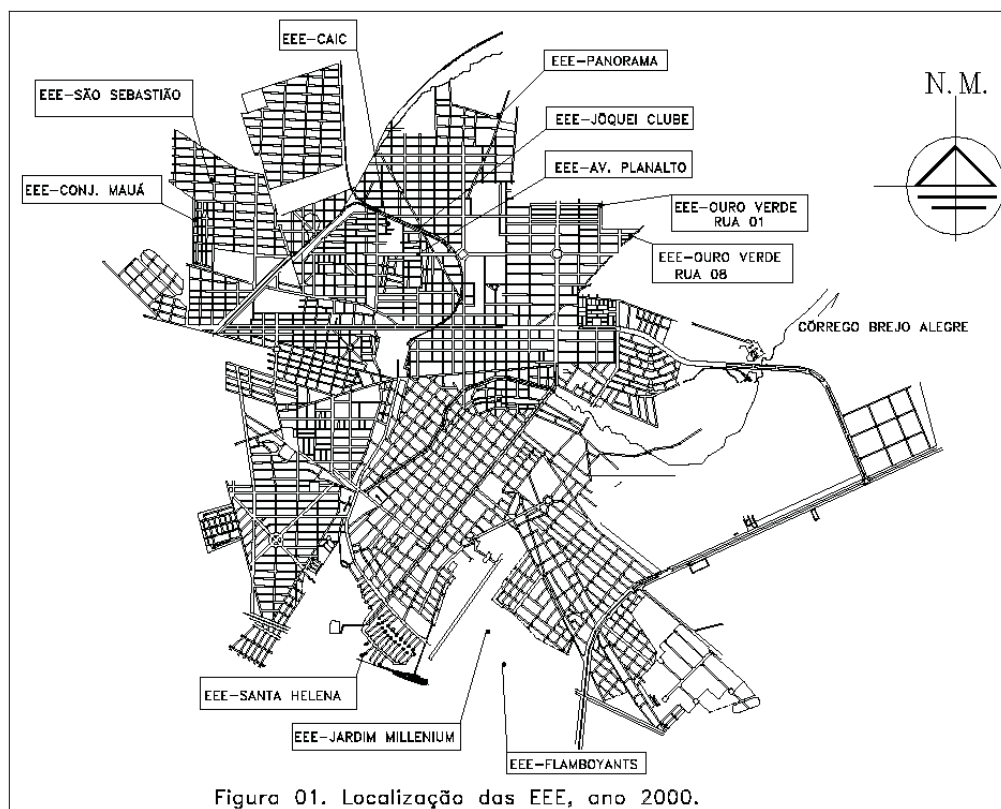



Figura 01. Localização das EEE, ano 2000.

"(...) A localização geográfica das EEE foi a segunda característica analisada, de acordo com o levantamento plani-altimétrico do município. Após a locação de cada estação no respectivo levantamento, verificamos que todas as EEE estavam em cotas altas das respectivas bacias, limitando inclusive o crescimento urbano ou o atendimento à população que reside em cotas mais baixas. Outro fato importante verificado foi que, em uma única bacia, existe mais de uma estação. O maior número foi encontrado na bacia do Córrego dos Verdes, com quatro EEE (...)."

"(...) De acordo com o levantamento plani-altimétrico foi possível diminuir para apenas 04 (quatro) estações, de acordo com a figura 02. No entanto, serão quatro novas EEE, desativando as onze existentes. Duas estações foram extintas com a construção de um interceptor de esgoto. As nove restantes serão desativadas à medida que as novas estações (localizadas em cotas mais baixas) forem sendo construídas (...)."

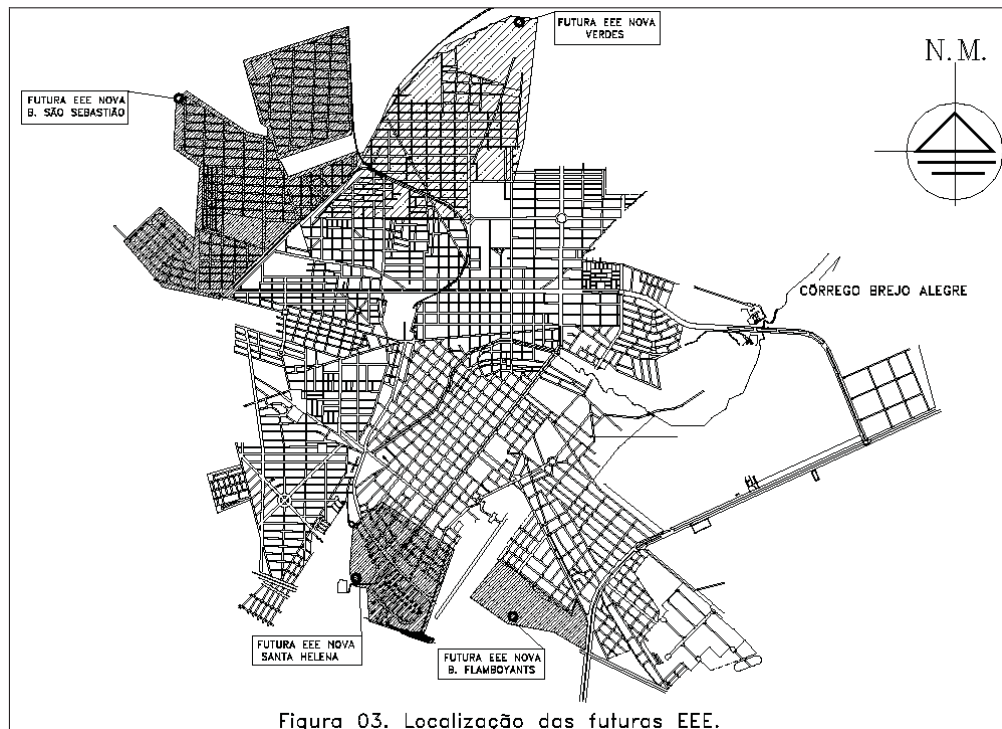



Figura 03. Localização das futuras EEE.

Fonte: Borges (2003)

Você concorda com a solução apresentada pelo autor? Vamos discutir um pouco mais.

Reflita e se manifeste...

Em quais etapas de um sistema de esgotamento sanitário as EEE são aplicadas? Em quais casos as EEE são necessárias? Enumere três aspectos importantes para a escolha do local adequado para a construção de EEE.

....

....

....

A localização das elevatórias nos sistemas de esgotamento sanitário decorre do traçado do sistema de coleta. Em geral, as elevatórias são necessárias nos pontos mais baixos de uma bacia ou nas proximidades de rios, córregos ou represas.

As estações elevatórias em sistemas de esgotamento sanitário podem ser aplicadas na fase de coleta, de transporte, de tratamento de esgoto e na disposição final.

As estações elevatórias são necessárias, em princípio, nos seguintes casos:

- Em terrenos planos e extensos, evitando-se que as canalizações atinjam profundidades excessivas.
- Quando há necessidade do esgotamento de áreas novas situadas em cotas inferiores às existentes.
- Em casos de reversão de esgotos de uma bacia para outra.
- Para descarga em interceptores, emissários em ETE ou corpos receptores, quando não for possível utilizar apenas a gravidade.

É indispensável, entretanto, o prévio estudo comparativo entre o projeto de uma estação elevatória e outras soluções tecnicamente possíveis, considerando-se os custos relativos à construção, operação, manutenção, conservação e garantia de funcionamento do sistema. Se ficar comprovado, por esse estudo, não ser possível ou recomendável o esgotamento por gravidade, a alternativa de elevatória deverá ser adotada.

Para a escolha do local adequado à construção de uma estação elevatória, devem ser considerados vários aspectos, a exemplo dos seguintes:

- As dimensões do terreno deverão satisfazer às necessidades presentes e à expansão futura.
- Baixo custo e facilidade de desapropriação do terreno.
- Disponibilidade de energia elétrica.
- Facilidade de extravasão do esgoto em condições de eventuais paralisações dos conjuntos elevatórios.
- Facilidades de acesso.
- Menor desnível geométrico.
- Trajeto mais curto da tubulação de recalque.
- Influências nas condições ambientais.
- Harmonização da obra com o ambiente circunvizinho.

Vamos, agora, tratar das partes constituintes, do funcionamento e das atividades de operação e manutenção das EEE, assunto do nosso próximo conceito-chave.

Operação e manutenção de estações elevatórias de esgoto

OBJETIVOS:

- Discutir os componentes que integram as elevatórias de esgoto.

- Discutir e apresentar diferentes tipos de conjuntos moto-bomba e suas partes constituintes.

- Discutir os tipos de elevatórias.

- Apresentar e discutir algumas noções básicas de hidráulica e eletricidade importantes nas EEE.

- Ampliar a discussão de problemas de operação e manutenção de estações elevatórias.

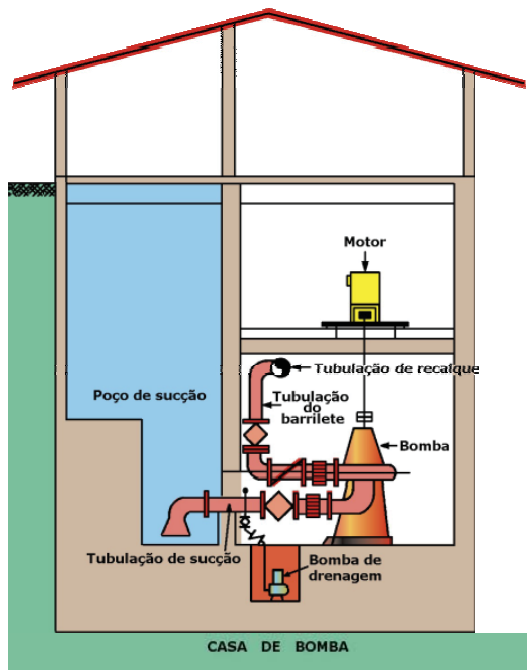
- Analisar e interpretar problemas reais, noticiados na imprensa.

Caro Profissional, você, com sua experiência nesse assunto, já deve ter tido contato com algumas bombas hidráulicas nas estações elevatórias em que trabalhou ou conheceu. Pois bem, as bombas hidráulicas e as estações elevatórias existentes são de muitos tipos e cada tipo apresenta características específicas que vão determinar suas possíveis aplicações. Será que podemos pensar que existe um tipo de bomba e elevatória que seja "melhor" que todos os outros?

Neste conceito-chave, abordaremos as partes constituintes das estações elevatórias, alguns tipos de bombas e seus motores acoplados e aspectos de operação e manutenção de estações elevatórias. Abordaremos, também, alguns aspectos básicos de eletricidade e hidráulica relacionados às EEE.

Para iniciar esse assunto, vamos tratar das diversas partes constituintes das estações elevatórias e os aspectos associados ao seu funcionamento visando a sua correta operação.

Partes constituintes das estações elevatórias

As partes constituintes de uma EEE podem ser agrupadas segundo a sua natureza, em três grupos, como pode ser visto na figura a seguir.

Construção civil

- Unidade de pré-tratamento
- Poço de sucção
- Casa de bomba

Tubulações

- Sucção
- Barrilete
- Recalque

Equipamento eletro-mecânico

- Bomba
- Motor
- Quadro de comando
- Sistema de controle operacional

Construção civil

É constituída por três unidades, a saber: o pré-tratamento, o poço de sucção e a casa de bomba.

Pré-tratamento

A unidade de pré-tratamento visa à remoção de sólidos grosseiros do esgoto afluente às estações elevatórias com intuito de proteger os conjuntos elevatórios.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT em sua Norma Brasileira (NBR 12208/1992) que trata do "Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário" admite os seguintes dispositivos para a remoção de sólidos grosseiros: grades de barras de limpeza manual ou mecânica, cesto, triturador e peneira. No Brasil, a solução normal para tal fim é o uso de gradeamento a montante ou na entrada do poço de sucção. Em estações elevatórias de pequeno porte, a solução mais comum é o uso de cestos removíveis por içamento colocados à altura da boca de descarga do coletor. Também são utilizadas grades de limpeza manual, desde que sejam instaladas a baixas profundidades.

Cesto removível

Grade de limpeza manual

Grades mecanizadas

Nas elevatórias de porte médio e mais profundas, utilizam-se normalmente grades com limpeza mecânica. Nesse caso, o próprio equipamento de limpeza das grades deposita os sólidos nela retidos em caçambas ou carrinhos. Nas instalações de grande porte, quando é comum a chegada de sólidos grosseiros maiores, que podem prejudicar a limpeza da grade mecanizada, costuma-se utilizar uma grade grosseira a montante daquela.

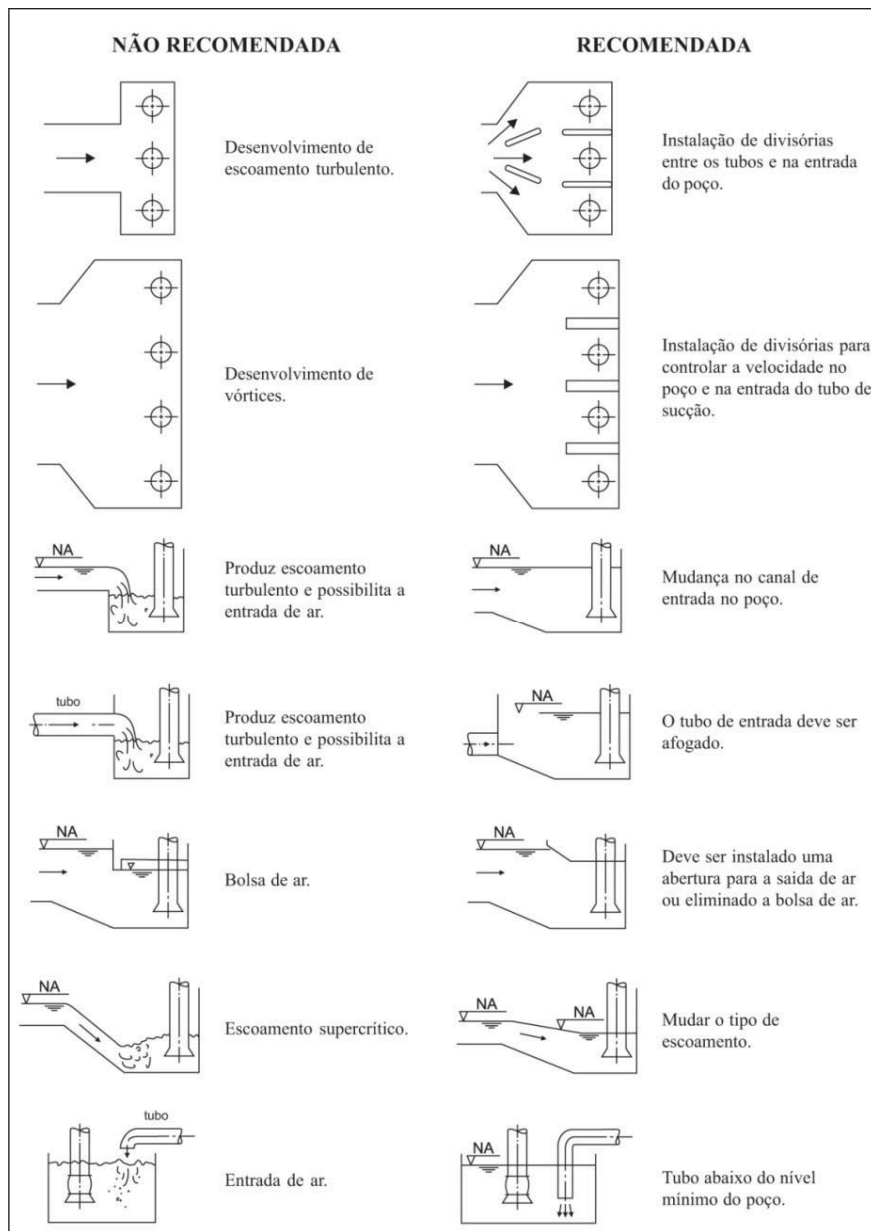
Segundo a NBR 12208/1992 pode-se prever, a montante do poço de sucção, um *canal afluente*, de forma a cumprir as seguintes finalidades: reunião de contribuições; regularização do fluxo; instalação de extravasor ou canal de desvio ("by-pass"), de comportas, de unidades de pré-tratamento (grades, caixas de areia) e de dispositivos de medição (medidor Parshall); inspeção e manutenção.

Fonte: EEE Pinhais

Caixas de areia

Poço de sucção

O poço de sucção é uma estrutura de transição que recebe as contribuições dos esgotos afluentes e mantém o líquido armazenado de forma adequada para que ocorra o bombeamento.

Apresentamos, a seguir, configurações de poço de sucção não recomendadas e recomendadas.

Alguns aspectos de importância relacionados ao poço de sucção:

- Apresentar volume adequado para se alcançar o correto funcionamento dos conjuntos elevatórios.
- Permitir uma submergência suficiente na sucção, a fim de evitar a entrada de ar na bomba devido ao fenômeno de vórtice.
- Possuir laje de fundo com inclinação no sentido da sucção das bombas, a fim de evitar a deposição dos materiais sólidos e facilitar sua limpeza.
- Possuir as facilidades para acesso, limpeza, iluminação e ventilação do poço. *Os acessos ao poço devem ser localizados fora da casa de bombas e de outros compartimentos da elevatória, a fim de evitar a entrada dos gases de esgoto que emanam do poço de sucção.*

No acesso ao poço de sucção os trabalhadores deverão, obrigatoriamente, utilizar os EPI.

Casa de bombas

A casa de bombas, também denominada poço seco ou sala de bombas, deverá ser adequada para abrigar os conjuntos de bombeamento, incluindo os elementos de montagem e os elementos hidráulicos complementares.

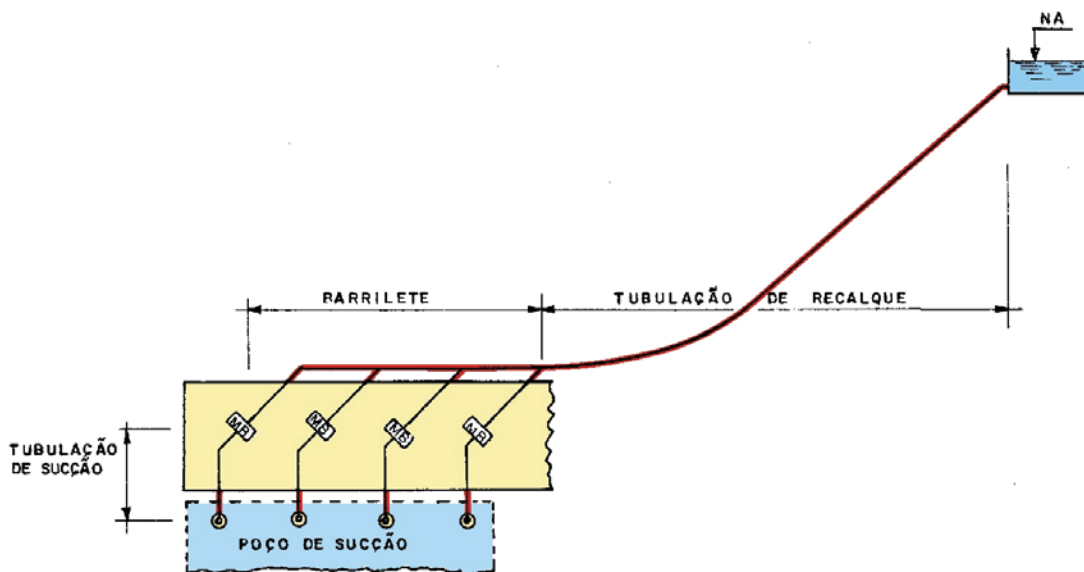
As dimensões da casa de bombas devem ainda permitir facilidade de locomoção, manutenção, montagem, desmontagem, entrada e saída dos equipamentos e, quando for o caso, abrigar os dispositivos de serviço para manobra e movimentação das unidades instaladas.

Além de ser adequadamente iluminada e ventilada, a casa de bombas, na medida do possível, deve ter formas e dimensões apropriadas em termos estruturais, e econômicas quanto ao aspecto construtivo.

Caso o piso da casa de bombas esteja localizado abaixo do nível máximo do líquido no poço de sucção, é recomendável prever uma bomba de drenagem.

Tubulações e acessórios

As principais partes de interesse, constituintes das tubulações e acessórios, são as canalizações de sucção, de recalque e do barrilete, além das válvulas usualmente utilizadas. A figura a seguir ilustra a disposição típica dessas partes. Em relação a elas cumpre destacar:

- A tubulação de sucção deve ser a mais curta possível e sempre ascendente, até atingir a bomba.
- As tubulações do barrilete deverão ser dispostas de maneira que haja espaço para inspeção, conserto, manutenção de bombas, motores elétricos e válvulas.
- As tubulações de recalque têm seu diâmetro determinado em função do custo de implantação, de operação e manutenção do sistema elevatório.
- As válvulas deverão estar localizadas em pontos acessíveis ao operador. Usualmente, utilizam-se válvulas de gaveta e válvulas de retenção.

As válvulas de gaveta são utilizadas para isolar as linhas de sucção e de recalque nas ocasiões de manutenção das tubulações e equipamentos eletromecânicos da elevatória. Para elevatórias de esgoto, são recomendadas válvulas de gaveta flangeadas, de haste ascendente, com volante.

As válvulas de retenção, por sua vez, permitem apenas o escoamento do fluxo em uma direção e destinam-se à proteção das instalações de recalque contra o refluxo do esgoto. Existem vários tipos de válvulas de retenção, mas, para as elevatórias de esgoto, recomenda-se o tipo portinhola.

Equipamentos eletromecânicos

Toda estação elevatória é equipada com equipamentos eletromecânicos. São utilizados, minimamente, os conjuntos moto-bomba e equipamentos necessários ao seu controle e acionamento.

Vamos iniciar esse assunto realizando a atividade proposta a seguir.

Atividade em grupo

Inicialmente, faça um desenho ou esquema (individual) de um conjunto moto-bomba identificando suas partes mais importantes.

Em um segundo momento, reunidos em grupos, escolham qual dos desenhos realizados individualmente é o mais interessante para ser apresentado aos demais colegas?

Bombas hidráulicas

A bomba é uma máquina hidráulica cuja função é aumentar a energia (pressão e/ou velocidade) de um fluido, de forma que seja possível movimentá-lo de um ponto mais baixo para outro mais alto. Existem diferentes tipos de bombas hidráulicas; as que são usualmente utilizadas para recalque de esgotos são as bombas parafuso e centrífugas.

- **Bombas parafuso**

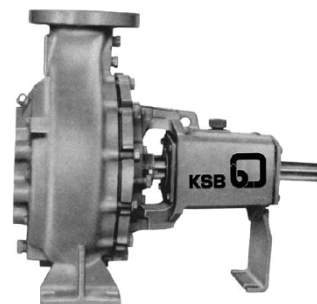
As bombas parafuso constituem, provavelmente, o tipo mais antigo de bombas existente. O seu funcionamento é baseado no princípio do parafuso de Arquimedes, no qual um eixo rotativo acoplado a uma, duas ou três lâminas helicoidais, girando num plano inclinado, eleva o esgoto.

Podem ser instaladas com ângulo de inclinação desde 22° até 40°. Uma bomba instalada com ângulo de 22° bombeará mais do que uma instalada a um ângulo de 38º, entretanto, ocupará maior espaço.

- **Bombas centrífugas**

As bombas centrífugas são as mais amplamente utilizadas em estações elevatórias de esgotos. Em decorrência disso, aprofundaremos um pouco mais esse assunto adiante. Existem diferentes tipos de bombas centrífugas que operam de diferentes formas, com características distintas, como veremos ao seu tempo.

Motores

Motor elétrico

Um motor é uma máquina que converte outras formas de energia em energia mecânica, de forma a proporcionar movimento a uma bomba ou a outras máquinas. Conjunto moto-bomba é a combinação de motor e bomba para a finalidade do bombeamento.

Dois tipos de motores são basicamente utilizados em elevatórias de esgotos, os motores elétricos (transformam energia da rede elétrica em energia mecânica) e os motores de combustão interna (transformam energia de combustíveis em energia mecânica).

Motor de combustão interna

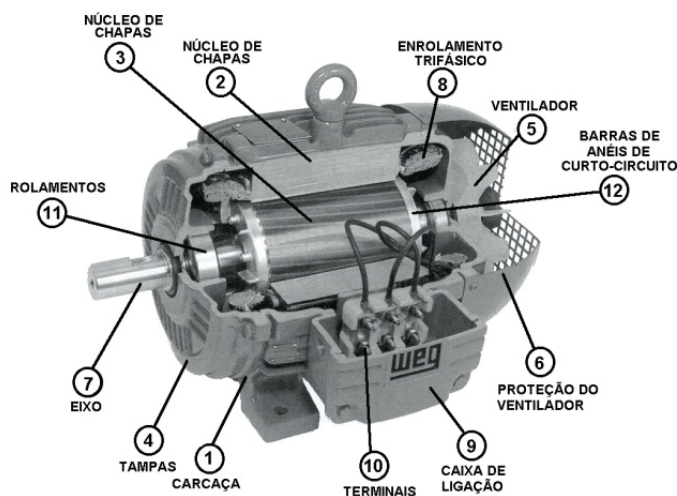
Os motores de combustão interna são aplicados em grandes elevatórias, como fonte de energia auxiliar (durante as interrupções de energia elétrica), nas elevatórias situadas

em locais distantes onde não se dispõe de energia elétrica (ou quando o seu fornecimento é irregular) e nas elevatórias localizadas junto às estações de tratamento de esgotos, que dispõem de gás de reatores ou digestores anaeróbios, o qual possa ser utilizado como combustível.

Os motores elétricos são os mais utilizados para o acionamento das bombas de esgotos, pela sua simplicidade, confiabilidade, flexibilidade e menor custo.

Na prática, apenas os motores de indução são usados em EEE, podendo ser:

- Motores monofásicos mais utilizados para cargas de pequena potência, até 5 cv.

- Motores trifásicos largamente utilizados em elevatórias de esgoto de pequenas a grandes potências.

A potência de um motor é a rapidez com a qual uma certa quantidade de energia é transformada. Portanto, quanto mais energia for transferida do motor para a bomba através do eixo, maior será a potência do motor.

Painéis de comando elétrico

São utilizados em estações de bombeamento para operar e supervisionar todo o sistema elevatório. O painel de comando é basicamente constituído dos seguintes elementos:

- Comando liga-desliga das bombas.
- Chave seletora de automático/manual.
- Chave seletora de bombas.
- Alarme e sinalização de defeitos.
- Sinalização de operação.
- Indicador de corrente (amperímetro).
- Indicador de tensão (voltímetro).
- Relés auxiliares.
- Controle de rotação do motor (inversor).
- *Soft-starter:* controlador de corrente de partida.
- Supervisão do sistema.

A seguir, abordarmos os sistemas de controle e operação de bombas. Antes, porém, vamos realizar o debate proposto.

Reflita e se manifeste...

O que você entende por inversor ou conversor de freqüência? Qual a sua utilidade?
Quais os principais problemas associados ao uso desses equipamentos nas EEE?

As vazões de esgoto afluentes às estações elevatórias estão sujeitas às variações horárias e diárias e, também, às variações ao longo do tempo em razão, principalmente, do crescimento populacional. A condição ideal em uma elevatória é aquela em que a vazão bombeada é igual à vazão afluente.

Para o recalque do esgoto acompanhando essas variações, podem ser utilizados vários conjuntos elevatórios e/ou os variadores de rotação das bombas. Dentre os vários tipos de variadores de rotação destacam-se os variadores hidrocinéticos (variadores hidráulicos) e os inversores de freqüência (variadores de freqüência).

Os inversores de freqüência são dispositivos eletrônicos que convertem a tensão da rede em uma tensão de amplitude e freqüência variáveis.

- Os inversores possibilitam que os motores sejam acionados suavemente, sem trancos, preservando-os.
- A freqüência de saída de um inversor é sempre menor que a da rede, que é de 60 Hz.

Sistemas de controle e operação de bombas

Nas elevatórias de esgotos, o funcionamento das bombas, normalmente, é controlado automaticamente. O controle automático das bombas, em geral, baseia-se na variação de nível do líquido no poço de sucção, que é a forma mais simples e comum de se estabelecer um vínculo entre a vazão afluente e a vazão de recalque.

A variação de nível do líquido é detectada através de sensores de níveis que são ajustados, ou para comandar os diversos pontos de operação de acionamento e desligamento das bombas, ou para programar a sua operação através de um painel de comando. Os sensores tipo bóia, os pneumáticos e os elétricos têm sido os mais utilizados em elevatórias de esgotos.

- Sensores tipo bóia

São utilizados quando o sistema de comando é simples e requer alguns pontos de comando. O tipo usual de bóia consiste de um interruptor, dentro de uma cobertura de polipropileno com formato de uma "pêra", que pode ser colocado na altura desejada, pois está suspenso por seu próprio cabo de comando. Quando o nível de água alcança a bóia, esta muda de posição, ligando as bombas. As bóias podem ser usadas, ainda, para acionar o sistema de alarme.

As bóias devem ser localizadas no poço de sucção, em zona calma, afastadas da turbulência do esgoto. Podem ser colocadas diretamente em contato com o líquido ou no interior de tubos verticais perfurados. Deve-se, entretanto, ter o cuidado de se procurar eliminar ou reduzir depósitos de materiais flutuantes que, geralmente, se formam no poço de sucção. Esses depósitos de materiais poderão prejudicar o bom funcionamento das bóias.

- Sensores pneumáticos

São, geralmente, utilizados em grandes elevatórias com muitos pontos de comando e, também, nas elevatórias de bombas de rotação variável. Um tipo de sensor pneumático usado nas elevatórias de esgoto é o tubo de borbulha.

- Sensores elétricos

Os sensores elétricos utilizados em elevatórias de esgoto são: capacitância elétrica, eletrodos e ultra-som.

Atividade em grupo

Vamos fazer um teatro relacionado às mudanças dos níveis de esgoto no poço de sucção e, conseqüentemente, às bombas operantes. Vamos precisar de atores que representem um papel ou mais. Os papeis são: operador, bombas, bóias, esgoto, poço de sucção, alarme e cidadão.

Como já foi dito, as bombas centrífugas são as mais utilizadas em elevatórias de esgotos, portanto, iremos agora concentrar nossas atenções sobre elas.

Bombas centrífugas

Atualmente, existe uma grande variedade de bombas centrífugas aplicáveis em estações elevatórias de esgotos. Nessa oficina de capacitação, abordaremos três tipos básicos. Antes, porém, vamos realizar o debate proposto a seguir.

Reflita e se manifeste...

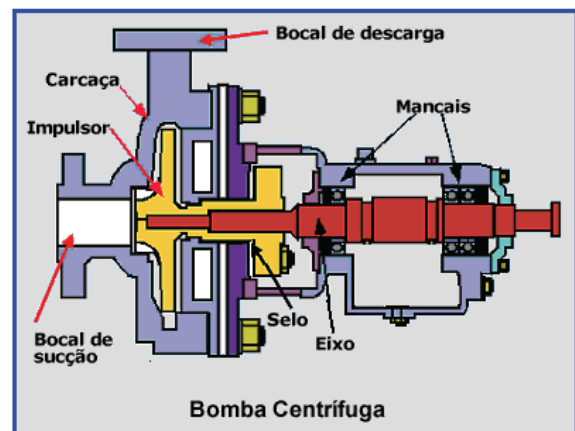
Com qual tipo de bomba você está habituado a trabalhar? Você conhece algum outro tipo de bomba centrífuga? Algum tipo apresenta maior freqüência de manutenção e/ou maior dificuldade na operação?

A partir das informações proporcionadas pela atividade anterior, vamos tratar com mais detalhes alguns aspectos relacionados às bombas centrífugas utilizadas nas EEE. Iniciaremos pelas suas partes constituintes.

Principais partes constituintes das bombas centrífugas

Embora existam diferentes tipos de bombas centrífugas, de uma forma geral, elas se constituem de quatro partes essenciais, são elas: a carcaça, o rotor ou impulsor, o eixo, a vedação e o mancal.

A carcaça é o invólucro de ferro fundido que abriga o rotor (ou impulsor) da bomba. O rotor constitui-se em um elemento rotativo dotado de pás, palhetas ou hélice, que fornece ao líquido o trabalho mecânico para vencer o desnível necessário. As pás do rotor impulsionam o líquido em direção à carcaça, proporcionando-lhe um acréscimo de pressão e velocidade. As bombas para esgoto são dotadas, normalmente, de rotores abertos, para evitar entupimentos.

Bomba Centrífuga

O eixo se apóia sobre mancais, para poder girar. O mancal de rolamento é o tipo usado em bombas, existindo basicamente dois tipos de mancal de rolamento: o de esfera e o de roletes. O compartimento do mancal também inclui um reservatório de óleo para lubrificação.

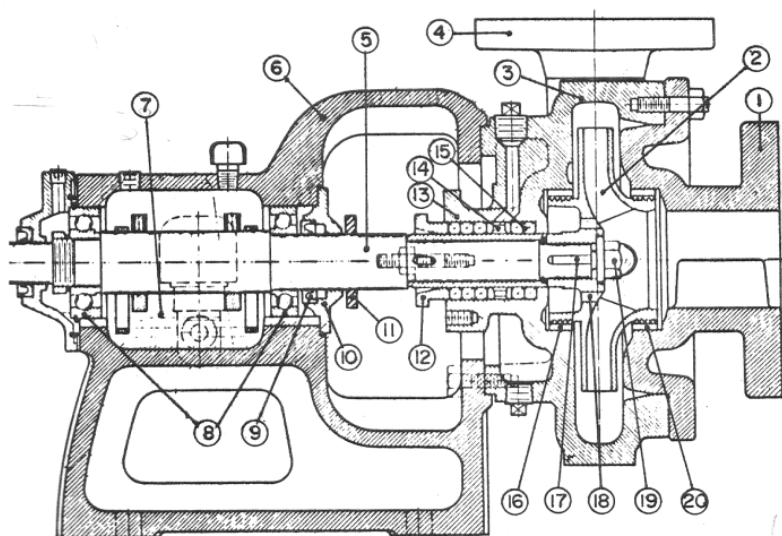
A vedação ou selo tem a função de evitar vazamento do líquido no ponto ou região em que o eixo penetra na carcaça da bomba e evitar a entrada de ar para o interior da bomba, quando a pressão interna na caixa é inferior à pressão atmosférica externa. A vedação pode ser feita com gaxeta ou com selo mecânico.

Bombas centrífugas convencionais

Vamos iniciar este assunto realizando a atividade proposta a seguir.

Atividade em grupo...

Reunidos em grupos, você e seus colegas deverão identificar as partes numeradas constituintes da bomba centrífuga convencional ilustrada na figura a seguir.

(5) Eixo
(   ) Rolamentos
(   ) Flange de descarga (ou pressão)
(   ) Gaxetas
(3) Carcaça ou caixa espiral
(   ) Vareta de nível do óleo
(   ) Anel de desgaste
(   ) Luva protetora do eixo
(   ) Rotor
(   ) Suporte ou cavalete de mancal
(   ) Saída do gotejamento
(7) Caixa de óleo
(   ) Caixa de gaxetas
(   ) Acoplamento bomba/motor
(   ) Cadeado hidráulico
(9) Retentor
(   ) Sobreposta ou aperta-gaxeta
(   ) Flange de sucção

Existem outras partes que você considera importantes além dessas? Quais são as suas funções?

Depois de identificadas as peças, vamos relembrar a função de algumas delas?

Eixo: a sua função é transmitir potência do motor para o rotor da bomba e suportar o peso do rotor e as cargas radiais e axiais impostas ao mesmo.

Anéis de desgaste: são juntas de vedação que ficam entre o rotor e carcaça e têm a função de diminuir a recirculação do fluído, em rotores do tipo fechado.

Caixas de gaxetas: abrigam os anéis de gaxetas, que são comprimidos por uma peça chamada sobreposta ou aperta-gaxeta, até o ajuste desejado. Têm como função evitar vazamento do líquido e evitar a entrada de ar para o interior da bomba.

Selos mecânicos: garantem a estanqueidade da vedação. Dependendo do tipo de fluido a ser bombeado, pode ser necessário que a bomba tenha selo mecânico.

Rolamentos: sua função é manter o eixo e o rotor alinhados com as partes estacionárias, impedindo o seu movimento na direção radial ou axial.

Acoplamento: liga a bomba ao motor. Pode ser rígido ou flexível. O acoplamento deve ser alinhado, pois provoca vibração nos eixos e sobrecargas sobre os rolamentos, além de desgaste nas bombas.

Tipo de rotor de bombas centrífugas

Existem bombas que empregam diferentes tipos de rotores. De uma forma geral, os rotores podem ser do tipo aberto, semi-aberto e fechado, conforme ilustra a figura.

Rotor fechado

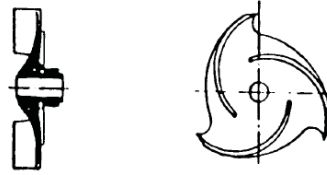
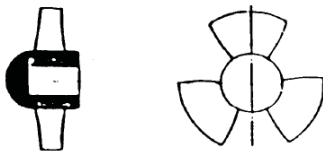
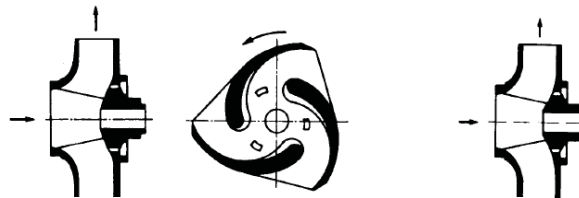
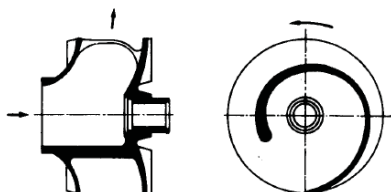
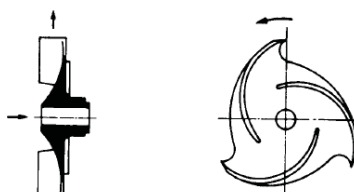
Rotor semi-aberto

Rotor aberto

Reflita e se manifeste...

A figura a seguir ilustra diferentes tipos de rotores utilizados em bombas centrífugas.

Rotor fechado, com paredes dianteira e traseira

Rotor semi-aberto somente com parede traseira

Rotor aberto sem paredes, contando apenas com

Rotor fechado com 2 ou 3 pás

Rotor fechado com pá única

Rotor aberto com 3 pás

Quais desses rotores são mais usados em bombas de esgoto?

Bombas centrífugas auto-escorvantes

As atuais bombas centrífugas auto-escorvantes têm, como atributo fundamental e exclusivo, a possibilidade de serem instaladas no nível do terreno, acima do nível de água do poço de sucção, como mostra a figura a seguir, sem necessidade de escorvamento manual (encher a tubulação de sucção e inclusive o corpo da bomba com água).

Com a bomba desligada, a escorva é mantida com o fechamento de uma portinhola interna, integrada à boca da sucção, o que impede o esvaziamento da câmara do rotor. A exemplo de outras bombas centrífugas, esses modelos possuem uma abertura frontal, facilmente acessível, para retiradas dos sólidos eventualmente enroscados no rotor.

Bombas centrífugas submersíveis

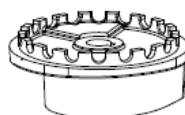
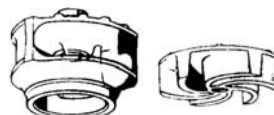
Vamos iniciar este assunto realizando a atividade proposta a seguir.

Reflita e se manifeste...

Qual é a vantagem de se aplicar a bomba submersível em relação às outras? Quais são as dificuldades de operar esse tipo de bomba em relação às outras?

No caso das bombas submersíveis, a bomba e o motor são fabricados em acoplamento direto, de forma que o conjunto possa trabalhar permanentemente mergulhado em água. Essa característica construtiva exige que alguns reparos do equipamento somente possam ser feitos na própria fábrica. A possibilidade de uma permanente submergência do conjunto torna desnecessária a construção de uma sala de bombas separada para abrigar o equipamento. Assim, as bombas são instaladas no próprio poço de sucção. A manutenção rotineira do equipamento é feita içando-se as bombas à superfície.

As bombas centrífugas submersíveis atualmente disponíveis utilizam, basicamente, dois tipos distintos de rotores, que apresentam algumas variantes. A figura a seguir ilustra esses tipos de rotores de bombas submersíveis e suas principais variantes.

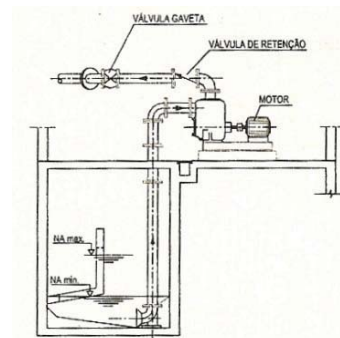
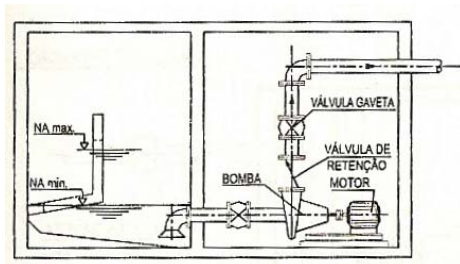
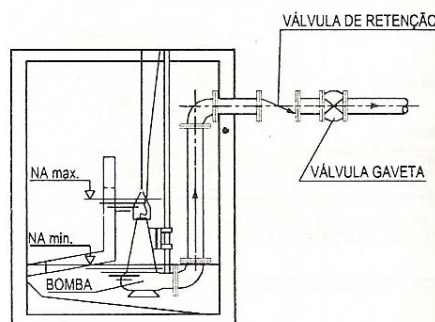
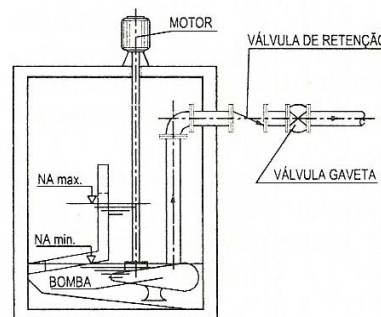
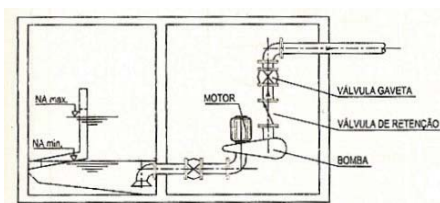
Vortex

Pá única ABS

Vortex não entupível

Pá única KSB

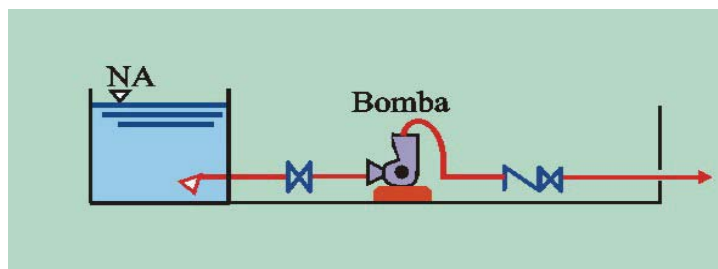
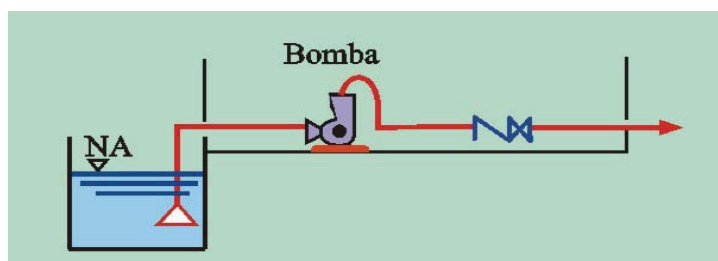
Tipos de estações elevatórias convencionais

Vamos iniciar este assunto realizando a atividade proposta a seguir.

Reflita e se manifeste...

Reunidos em grupos, você e seus colegas deverão identificar nas figuras apresentadas a seguir, as características classificatórias do tipo de EEE quanto aos seguintes aspectos: eixo (horizontal ou vertical), afogamento (afogada ou não afogada) e submersão (bomba submersa ou conjunto submerso ou bomba não submersa).

Fonte: Tsutiya, 2000

Vimos que os conjuntos elevatórios podem ser classificados de três diferentes formas. Vamos, agora, tratar de cada uma delas.

Classificação de acordo com a disposição relativa da bomba e do nível de água

De acordo com a instalação dos conjuntos elevatórios, as elevatórias convencionais podem ser classificadas em afogadas e não afogadas, como se pode ver na figura a seguir.

Bomba afogada

Bomba não afogada

Classificação de acordo com a disposição relativa do motor e da bomba

Segundo a disposição relativa do motor da bomba, as estações elevatórias podem ser classificadas em conjunto de eixo horizontal e conjunto de eixo vertical, além do conjunto moto-bomba submerso.

Tipo de EEE		Vantagens	Desvantagens
Conjunto de eixo horizontal		Facilidades de instalação, operação e manutenção.	Possibilidade da ocorrência de inundações na casa de bombas.
		Tradicionalmente a bomba funciona afogada, dispensando escorvamento.	
Conjunto de eixo vertical	Bombas não submersas	Permitem que as bombas trabalhem afogadas. Motores protegidos de eventuais inundações.	
	Bombas submersas	A utilização dessas bombas reduz consideravelmente as dimensões da elevatória.	Dificuldades de acesso para inspeção e manutenção da bomba.
Conjunto moto-bomba submerso		Redução substancial das dimensões da EEE.	Dificuldades de acesso para inspeção e manutenção do conjunto moto-bomba.

Classificação de acordo com a submersão da bomba

As estações elevatórias convencionais podem ainda ser classificadas, de acordo com a submersão da bomba, em elevatórias de poço seco e elevatórias de poço úmido.

As elevatórias convencionais de poço seco têm o poço de sucção separado da casa de bombas. Para as elevatórias de pequeno e médio porte, é comum a utilização de elevatórias do tipo convencional de poço úmido, com pelo menos uma bomba submersa. As elevatórias que utilizam conjuntos e elementos submersos são instalações simplificadas e totalmente enterradas, sem superestrutura. Apresentamos no quadro a seguir esses tipos de EEE.

Tipo de EEE	Bomba	Característica dos conjuntos
Poço seco	Não submersas	Conjunto moto-bomba afogado de eixo horizontal Conjunto moto-bomba de eixo vertical prolongado Conjunto moto-bomba de eixo vertical Conjunto moto-bomba auto escorvante
Poço úmido	Submersas	Conjunto vertical de eixo prolongado Conjunto moto-bomba submerso

Por ora, vimos vários aspectos relacionados às estações elevatórias de esgotos, suas partes constituintes, os diferentes tipos de bombas, com foco nas bombas centrífugas, como também nos diversos tipos de elevatórias convencionais.

Antes de tratar da operação e manutenção das EEE, nosso próximo assunto, vamos testar os nossos conhecimentos já adquiridos e trabalhar alguns conceitos básicos de eletricidade e hidráulica, relacionados às estações elevatórias de esgotos.

Disponibilizamos ao fim do seu guia um conjunto de informações e conceitos básicos sobre eletricidade e hidráulica relacionados às estações elevatórias de esgotos.

Já discutimos muitos itens relacionados com a operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos. Vamos, agora, discutir os problemas que normalmente encontramos na operação de estações elevatórias, buscando ampliar as discussões e organizar a forma de combate a esses problemas observados em nossa prática diária.

Procedimentos de operação e manutenção de estações elevatórias

Vamos iniciar esse assunto analisando alguns relatos de situações vivenciadas na operação de estações elevatórias de esgoto através da atividade a seguir.

Atividade em grupo

Apresentamos a seguir alguns textos relacionados às EEE. Após a leitura do texto destinado ao seu grupo, você e seus colegas devem preencher o quadro a seguir respondendo às seguintes questões:

O texto apresenta algum problema operacional relacionado à EEE? Identifique-o? Quais as causas e soluções para os problemas identificados? Quais são as conseqüências para a saúde dos trabalhadores, para o funcionamento da EEE, para o meio ambiente e para a saúde pública?

Grupo 1

"Este mês, a prefeitura multou a companhia em R$ 650 mil pelo lançamento de esgoto em uma Área de Proteção Ambiental (APA). Conforme o secretário de Meio Ambiente, uma equipe de fiscalização do órgão constatou o crime ambiental que, segundo ele, vem sendo cometido por problemas técnicos na estação elevatória da companhia de saneamento, que tem a função de receber os dejetos de residências e transferir para a lagoa de despoluição da estação de tratamento, próximo ao bairro do Novo Maracanaú.

"Há anos que a companhia de saneamento não dá a manutenção correta na estação elevatória. Ela possui só um motor que, quando queima, acaba extravasando e jogando fezes na lagoa, que é um espaço bastante apreciado pela população do município para lazer e banho. Isso já vem ocorrendo há mais de 18 anos", relata o secretário.

Conforme o laudo de análises de amostras da água, coletada em fevereiro, expedido pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (Semace), a lagoa apresenta um índice de poluição por coliformes fecais 16 vezes maior que o limite aceitável. Na época, explica o secretário, foi encaminhado à companhia de saneamento um auto de constatação intimando o órgão a comparecer à Secretaria de Meio Ambiente para prestar esclarecimentos sobre as irregularidades apresentadas. "Eles ficaram de nos dar um retorno em 20 dias, mas não nos trouxeram nenhuma proposta para evitar o extravasamento", disse.

A Procuradoria Jurídica da companhia admitiu que em fevereiro recebeu um auto de constatação da Prefeitura. Conforme o órgão, um "extravasamento de esgoto pontual e excepcional" através de um dispositivo conhecido como extravasor, comum em estações elevatórias, ocasionou a poluição.

A empresa informou ainda que tal problema é verificado em período chuvoso. "Tendo em vista à falta de consciência da população no manejo do lixo, as ligações clandestinas que promovem nesse período de chuva à rede de esgoto, e o efeito que a água da chuva promove nas ruas da cidade, causando obstruções e até danificando as bombas, já que o grande volume de água sobrecarrega os dispositivos de bombeamento". O órgão informou que o problema está sendo resolvido. Quanto à multa, o órgão não informou se vai recorrer da decisão ou se vai negociar com a Prefeitura".

Fonte: http://www.abrampa.org.br/noticias

Grupo 2

"O projeto padrão das estações existentes é de uma estação elevatória convencional de poço úmido com conjunto de moto-bomba submerso. Todo esgoto se concentra num PV (poço de visita) à montante da EEE. Em seguida, o esgoto passa por uma caixa de areia. Por fim, o esgoto cai no poço de sucção, onde se encontra o conjunto moto-bomba. A tubulação de recalque é toda em ferro fundido, com registro e válvula de retenção na saída da EEE. O esgoto é recalcado até uma caixa de descompressão, localizada numa cota adequada, que permitirá o seu caminhamento por gravidade até os interceptores do Córrego Brejo Alegre.

Em seguida foram avaliadas as manutenções ocorridas nestas estações. Durante estas manutenções, as equipes que lá trabalhavam, sempre reclamavam das péssimas condições de trabalho a que estavam expostos. Como exemplo, sempre que havia problema com o conjunto moto-bomba, era necessária a descida de um trabalhador dentro do poço de sucção (sempre com esgoto), visto que o esgoto funciona como uma "cola" entre o conjunto moto-bomba e a base do mesmo.

A estrutura física das EEE foi analisada, diante do projeto existente adotado. A principal "falha" do projeto é a falta da divisão da estação em duas células distintas, que permitiria a operação alternada em um período pré-fixado em cada célula, permitindo a realização das manutenções preventivas na célula que se encontra parada. Além da garantia de um conjunto moto-bomba de reserva, pronto para entrar em operação a qualquer momento, o que não acontece, pois o conjunto moto-bomba de reserva fica guardado no almoxarifado. Quando ocorre qualquer problema, é necessária a troca na EEE do conjunto danificado pelo conjunto reserva. O que sempre traz transtornos para a população vizinha à estação, pois não se consegue parar a chegada do esgoto e esta operação de troca nem sempre pode ser feita imediatamente por problemas operacionais, chegando ao extremo de retornar esgoto para dentro das edificações vizinhas às EEE.

O funcionamento do conjunto moto-bomba submersível, foi outra característica analisada. O controle é feito através de bóias automáticas, porém o funcionamento destas bóias não é muito eficiente, principalmente por causa da aderência de materiais flutuantes constantemente encontrados nas estações. Na EEE adotada como referência verificamos que, o conjunto em questão estava sub-dimensionado para a EEE: a intermitência das partidas chega, no período de pico, a ser menor que 10 minutos. Fato observado pelo crescimento populacional ocorrido acima das expectativas de projeto".

Fonte: ASSEMAE, 2003

Grupo 3

"Companhia de saneamento concluiu a reforma na estação elevatória de esgoto do Varadouro.

O prédio, localizado em frente à estação de trens da capital, é tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico da Paraíba (IPHAEP). O mais interessante, de acordo com o diretor de Operação e Manutenção da Companhia, é que apesar de a estação ter sido construída em 1925, ela funciona perfeitamente.

A Estação Elevatória é responsável pela coleta de todo o esgoto produzido no Varadouro, que é bombeado para a ETE do bairro do Roger. "Tudo lá funciona como em uma estação nova", ressaltou o diretor. A reforma no prédio consistiu em melhorias na infra-estrutura e pintura, para que fosse recuperada a beleza original.

Apesar de contar quase 80 anos de fundação, a estação elevatória do Varadouro está entre as mais eficientes de João Pessoa. De acordo com o engenheiro mecânico da companhia, das 47 estações existentes na capital, ela é a que menos apresenta problemas. "A estação não é importante apenas pelo fator histórico. Ela é bastante funcional", ressaltou".

Fonte: http://www.portal.paraiba.pb.gov.br

Grupo 4

"A problemática estação elevatória de esgoto da companhia de saneamento em Cianorte transbordou mais uma vez, desta vez, durante cerca de seis horas. Isto vem ocorrendo inúmeras vezes, tanto que motivou uma Ação Civil Pública da APROMAC contra a companhia que tramita desde 2002, encontrando-se em fase final. A APROMAC requereu e o Juiz acatou em medida liminar que a companhia construísse um tanque extravasor (tanque pulmão). Mas a companhia, teimosamente, não acatou a liminar judicial. Da mesma forma, a companhia de saneamento afirmou nos autos que havia eliminado o famoso "by pass", que encaminha o esgoto extravasado para as galerias pluviais. Isto não ocorreu, conforme ficou comprovado nesta ocorrência, pois todo o esgoto foi desviado para a rede de galerias pluviais de forma clandestina. O esgoto extravasado e desviado para as galerias de águas pluviais cai diretamente no ribeirão São Tomé, dentro do parque Cinturão Verde de Cianorte. Além da APROMAC, de funcionários ligados ao Ministério Público e do Instituto Ambiental do estado, o fato também foi presenciado e testemunhado pelos moradores vizinhos. Funcionários da companhia compareceram apenas depois das 21:00 horas, após ser acionada pelo Ministério Público local".

Fonte: http://www.apromac.org.br

Grupo 5

"Segundo o próprio site da concessionária responsável pela instalação das redes de coleta e pelo destino final dos esgotos gerados no município, somente 30% da população é atendida pela rede de coleta de esgotos, do tipo separador absoluto, implantada na década de 70 e atualmente com 207 km e 12.978 ligações.

A rede coletora é composta por 13 estações elevatórias de esgoto (EEE) que o recalcam para as lagoas de estabilização".

"As EEE são compostas por três dispositivos principais: grade, caixa de areia e poço de sucção, de onde o esgoto é bombeado para as redes de recalque até as elevatórias à jusante, e posteriormente às lagoas de estabilização.

Na figura observa-se o extravasor (inclusive com a marca do nível do esgoto) que, no caso da elevatória do Caxangá, extravasa o esgoto para o Igarapé de mesmo nome. Este extravasor, entretanto, não é seguido de nenhum tipo de dispositivo que evite o retorno de fluxo, portanto, em épocas de cheias, dá-se o fluxo inverso, ou seja, as águas do Igarapé entram na estação.

Além disto, foi relatado, na vistoria realizada em 27/1/2005, por técnicos da companhia que uma das bombas de recalque não estava funcionando. Observou-se ainda que o quadro de comando localiza-se acima do poço de sucção, aumentando a oxidação dos componentes do quadro.

É importante ressaltar que a estação do Caxangá é a maior das 13 elevatórias existentes e que, portanto, mereceria cuidados especiais de manutenção e operação, evitando, ao máximo, vazamento, inoperabilidade de bombas, e outros transtornos freqüentes.

De um modo geral as EEE se encontram em péssimo estado de conservação. Na grande maioria delas não há técnicos responsáveis pela manutenção e operação das estações, e mesmo previsão de regime de plantão. Este quadro se agrava pelo fato da maioria das estações não estarem funcionando com o número de bombas de recalque previstas nos respectivos projetos.

Não há manutenção periódica nas estações e os problemas existentes são resolvidos em caráter emergencial, podendo causar sérios problemas ambientais e de saúde".

Fonte: IBAM

O bom funcionamento da estação elevatória de esgoto depende substancialmente de um adequado programa de manutenção, que deve prever ações de caráter preventivo. Quando ocorrerem problemas ou inconformidades, o programa deve considerar, também, as ações corretivas necessárias. Para iniciar esse assunto vamos realizar a atividade proposta a seguir.

Reflita e se manifeste...

Dê um exemplo de manutenção preventiva e um exemplo de manutenção corretiva. Em qual delas o grau de dificuldade das atividades relacionadas é maior?

A manutenção corretiva é uma forma menos racional e pouco eficiente de cuidar de uma estação de bombeamento. Isso porque esse tipo de manutenção reativa pode levar a unidade a um constante estado de "apagar fogo". Nesse caso, o fogo é o equipamento avariado e apagar o fogo é o restabelecimento do estado normal ou parcialmente normal da operacionalidade do equipamento. Em outras palavras, somente quando a conseqüência do problema aparece, é que se busca a solução parcial ou total para aquilo que causou o problema.

Soluções parciais em manutenções corretivas geram o improviso, o que pode gerar novas manutenções corretivas no futuro. É verdade que, quando se improvisa, pode-se evitar a paralisação da operação, mas perde-se em eficiência. A improvisação pode e deve ser evitada por meio de métodos preventivos.

A manutenção preventiva obedece a um planejamento, que estabelece intervenções periódicas (ou pelo menos programadas) com a finalidade de permitir limpezas, abastecimentos e troca de peças gastas por novas, assegurando, assim, o funcionamento perfeito da estação (bombas, motores, bóias etc.) por um período maior. Vamos praticar!

Atividade individual

Descubra a freqüência das operações agrupadas em cada coluna do quadro a seguir

Freqüência:	Freqüência:
• Observar visualmente a operação da bomba. • Determinar aproximadamente as temperaturas operacionais do motor e dos rolamentos (por toque). • Ajustar o fluxo do selo de água. • Ajustar a glândula do preenchimento. • Recolocar ou ajustar a quantidade de óleo ou graxa. • Limpar os sensores de controle das bombas. • Checar os parafusos da fundação. • Observar a operação do motor.	• Alternar operação das bombas. Se duas ou mais de igual capacidade estiverem na reserva. • Limpar a bomba. Bloquear a bomba e remover todos os detritos de dentro da carcaça. • Verificar a caixa de selagem. Se houver gotejamentos excessivos após ser dado aperto, remover a selagem e inspecionar o eixo ou a luva do eixo. • Verificar o sistema de controle de operação, buscando responder as seguintes perguntas: o sistema liga e desliga a bomba no nível desejado. Se não proceder a limpeza. • Inspecionar se o motor dá indicações de sobrecarga, isolamentos queimados, solda derretida. Se necessário chamar um eletricista para inspecionar.

Freqüência:	Freqüência:
• Verificar o intervalo de lubrificação dos mancais. • Verificar a lubrificação do acoplamento (quando aplicável). • Ajustar o selo, se necessário. • Verificar a tela de ventilação do motor.	• Verificar o alinhamento do eixo do conjunto moto-bomba. • Realizar uma completa inspeção e manutenção do conjunto moto-bomba. • Determinar a eficiência do bombeamento. • Verificar os anéis de desgaste. • Inspecionar as válvulas e registros. • Inspecionar as condições do rotor e substituí-lo se necessário. • Inspecionar o eixo da bomba e a luva do eixo e substituí-lo quando necessário.

As atividades de manutenção preventiva são de grande importância para o funcionamento da estação elevatória. Para que as atividades previstas no programa de operação e manutenção sejam realizadas da melhor forma possível, é necessário que as diferentes ações que ela envolve sejam realizadas segundo uma seqüência predeterminada. Para aprofundar um pouco mais nesse assunto, vamos realizar a atividade a seguir.

A manutenção preventiva contribui para a durabilidade dos equipamentos.

Atividade em grupo

Inicialmente, vamos debater em conjunto as seguintes questões:

Quais são as principais atividades relacionadas à manutenção preventiva de EEE? Qual a seqüência de ações que compõem essas atividades? Quais equipamentos e ferramentas são necessários para sua realização? Que cuidados devem ser tomados para que sejam realizadas com segurança?

Em seguida, reunidos em grupos:

Utilizar os espaços abaixo para fazer uma lista dos procedimentos de instalação, operação e manutenção de estações elevatórias que você e seus colegas costumam realizar no local onde vocês trabalham.

Atividade:

Responsável:

Procedimento	Dificuldades	Soluções

Proposta de como fazer operação e manutenção de estação elevatória.

Os recursos necessários são: caixa de ferramentas completa, equipamentos de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC). O operador deve realizar somente as ações para as quais recebeu treinamento adequado, usando sempre os recursos necessários e os EPI e EPC indicados.

Principais ações:

- Quando na área externa da Estação, inspecionar registro e/ou by-pass de chegada da EEE, para confirmar que não há descarga indevida do esgoto.
- Havendo desvio do esgoto, corrigi-lo abrindo registro ou stop-log.
- Verificar fluxo de esgoto de chegada.
- Registrar eventual anomalia (livro de ocorrência).
- Comunicar anormalidade imediatamente à manutenção.
- Bloquear o fluxo de chegada (fechamento de comporta, uso de bloqueador inflável ou desvio de outra forma) - onde for necessário.
- Checar tensão do(s) painel(s) em operação.
- Checar tensão da(s) bomba(s) em operação e ligadas.
- Ler os horímetros e checar a corrente elétrica das bombas (quando ligadas).
- Vistoriar as instalações elétricas e hidráulicas prediais.
- Interpretar os dados lidos - em casos de anomalias, tomar providências.
- Em caso de anormalidades, comunicar imediatamente à manutenção.
- Registrar anormalidade de acordo com instruções do supervisor (Importante: mesmo tendo solução imediata, o problema deve ser relatado).
- Verificar a integridade de barriletes, tubulações e equipamentos operacionais, quanto a vazamentos, entupimentos e outros riscos, quando visíveis.
- Bloquear o fluxo de chegada (fechamento de comporta, uso de bloqueador inflável ou desvio de outra forma) - onde for necessário.
- Efetuar descarga da parte líquida do poço com os próprios conjuntos moto-bomba instalados;
- Desligar (modo manual) todas as bombas logo em seguida.
- Desligar todo o equipamento elétrico em razão da limpeza.
- Vistoriar as condições do poço antes da retirada dos sólidos para otimizar freqüência das limpezas.
- Iluminar o poço, considerando os cuidados com choques elétricos, de preferência com lanterna.
- Vistoriar o fluxo no poço de visita a montante da elevatória.
- Executar lavagem geral da área externa do poço.
- Limpar as caixas de extravasores.
- Verificar, internamente, os poços da elevatória após a limpeza.
- Desbloquear o fluxo de chegada - onde for necessário.
- Religar (modo automático) os conjuntos moto-bomba o mais breve possível.
- Verificar o funcionamento das válvulas de retenção para eventuais limpeza e lubrificação das mesmas.
- Registrar tudo o que foi realizado.

Analise, criticamente, a proposta de operação e manutenção de estações elevatórias de esgoto. Procure identificar procedimentos importantes não colocados na proposta dos grupos.

No seu cotidiano de trabalho, você vivencia a instalação e partida de bombas centrífugas?

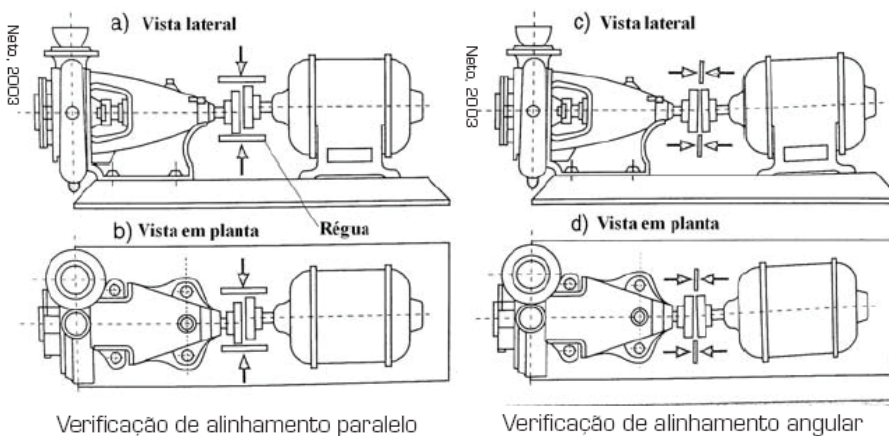
Apresentamos, a seguir, algumas recomendações e informações úteis relativas à instalação, partida, operação e manutenção de bombas centrífugas.

Recomendações para a instalação de bombas

Uma boa instalação é fundamental para proporcionar uma boa operação e manutenções menos freqüentes. As bombas devem ser instaladas, niveladas e alinhadas por pessoas habilitadas. Quando esse serviço é executado incorretamente, as conseqüências são transtornos na operação, desgastes prematuros e danos irreparáveis.

O conjunto moto-bomba deve ser fixado sobre uma base rígida e regular (de preferência de concreto ou alvenaria), isenta de vibrações. A vida útil do conjunto e o funcionamento do equipamento (livre de vibrações anormais) dependem do perfeito alinhamento entre a bomba e o motor. O alinhamento executado na fábrica deve ser refeito, visto que, durante o transporte e manuseio, o conjunto moto-bomba é sujeito a distorções que afetam o alinhamento inicialmente executado.

O alinhamento deve ser efetuado com o auxílio de relógio comparador para controle do deslocamento radial e axial, considerando a tolerância especificada pelo manual da bomba. Na impossibilidade de uso do relógio comparador, utilizar, para controle, uma régua metálica apoiada no sentido longitudinal nas duas partes da luva de acoplamento. O controle deve ser efetuado no plano horizontal e vertical. Para o controle no sentido axial, utilizar calibre de lâminas.

Verificação de alinhamento paralelo   Verificação de alinhamento angular

É importante seguir sempre as orientações dos fabricantes da bomba e do motor.

Recomendações para Tubulação de Sucção

- A tubulação de sucção, tanto quanto possível, deve ser curta e reta, evitando perdas de carga, e totalmente estanque impedindo a entrada de ar.
- Para que fique livre de bolsas de ar, o trecho horizontal da tubulação de sucção, quando negativa, deve ser instalado com ligeiro declive no sentido bomba-tanque de sucção. Quando positiva, o trecho horizontal da tubulação deve ser instalado com ligeiro aclive no sentido bomba-tanque de sucção.
- Quando houver necessidade de uso de redução, esta deverá ser excêntrica, montada com o cone para baixo, de tal maneira que a geratriz superior da redução fique em posição horizontal e coincidente com a da bomba. Isso impedirá a formação de bolsas de ar.

Recomendações para Tubulações de Recalque

- A tubulação deverá possuir dispositivos para o controle do golpe de aríete, sempre que os valores das sobrepressões, provenientes do retorno do líquido em tubulações longas, ultrapassarem os limites recomendados para a tubulação e a bomba.
- A ligação da tubulação de recalque ao flange da bomba deverá ser executada com uma redução concêntrica, quando seus diâmetros forem diferentes.
- Nos pontos onde houver necessidade de expurgar o ar, deverão ser previstas válvulas ventosas.

Recomendações para Partida

- Examinar o mancal quanto à limpeza e penetração de umidade e preencher o suporte de mancal com óleo, graxa ou água (dependendo da bomba) na quantidade e qualidade correta.
- Verificar o sentido de rotação do acionador, com a bomba desacoplada, para evitar operação "a seco" da bomba. Para bombas submersas, o sentido de rotação é testado já com a bomba dentro do poço. A maior pressão ou maior vazão (quando descarga livre) indicará o sentido correto de rotação.
- Certificar-se, manualmente, de que o conjunto girante roda livremente.
- Certificar-se de que o alinhamento do acoplamento foi executado corretamente.
- Inspecionar o sistema de controle da bomba, buscando confirmar as seguintes questões: O motor dá partida quando o líquido atinge o nível desejado? O motor desliga quando o líquido atinge o nível desejado? Fazer os ajustes necessários.

- Escorvar a bomba, isto é, encher a bomba e a tubulação de sucção com água ou com líquido a ser bombeado, eliminando-se simultaneamente o ar dos interiores.
- Certificar-se de que as porcas do aperta gaxeta estão apenas encostadas.
- Abrir totalmente o registro de sucção (quando houver) e fechar o de recalque. Bombas com hidráulica axial devem partir com registro totalmente aberto (ou parcialmente aberto, para grandes vazões).
- Ligue o conjunto moto-bomba no modo manual de operação. Tendo sido efetuada a partida e estando a bomba em funcionamento observar os tópicos abaixo:
    - Ajustar a bomba para o ponto de operação (pressão e vazão), abrindo lentamente o registro de recalque, logo após o acionador ter atingido sua rotação nominal.
    - Controlar a corrente consumida pelo motor elétrico, e o valor da tensão da rede.
    - Certificar-se de que a bomba opera livre de vibrações e ruídos anormais.
    - Controlar a temperatura do mancal. A mesma poderá atingir até 50 ºC acima da temperatura ambiente, não devendo a soma exceder a 90 ºC.
    - Ajustar o engaxetamento, apertando as porcas do aperta gaxeta cerca de 1/6 de volta. Como todo engaxetamento recém-executado requer certo período de acomodação, o mesmo deve ser observado nas primeiras 5 a 8 horas de funcionamento. Em caso de vazamento excessivo, apertar as porcas do aperta gaxeta cerca de 1/6 de volta.
    - Os cinco últimos itens acima deverão ser controlados a cada 15 minutos, durante as 2 primeiras horas de operação. Se tudo estiver normal, novos controles deverão ser feitos de hora em hora, até as primeiras 5 a 8 horas iniciais.
    - Se todos os sistemas operacionais forem considerados dentro do desejado, colocar a bomba no sistema automático.

Recomendações para Operação

Exigências normais de operação de bomba centrífuga são relativamente simples e objetivas. Trata-se de trabalhos rotineiros de observação e manutenção, como os listados a seguir:

- Cuidadosa observação do funcionamento da bomba, prestando especial atenção para os sons da operação, a quantidade de vibração, e a temperatura operacional do motor e dos rolamentos.

- Observação e ajuste do fluxo da selagem de água (aproximadamente 20 gotas por minuto de perda para um preenchimento convencional).
- Observação do sistema de controle de operação.
- Limpeza dos sensores de controle.
- Observação do volume ou pressão de descarga.
- Registro dos parâmetros da bomba e do tempo cumulativo de funcionamento.
- Girar as bombas reserva para garantir que estarão utilizáveis quando necessário (normalmente, pelo menos uma vez por semana).

Analise, criticamente, as recomendações anteriores, procurando identificar eventuais procedimentos importantes não colocados na proposta da turma.

É o fim do nosso último conceito-chave, esperamos que essa oficina de capacitação tenha proporcionado a atualização de seus conhecimentos e a troca de experiências com seus colegas e, que o fruto disso seja traduzido em melhorias nessa tarefa tão importante para a preservação ambiental e para a saúde das pessoas.

Encerramento

Estamos chegando ao fim da nossa oficina de capacitação. Nesses quatro dias, discutimos a geração dos esgotos e suas características, falamos da importância dos sistemas de esgotamento sanitário para preservar o meio ambiente e a saúde das pessoas e da aplicação das EEE, vimos também as suas partes constituintes e diversos aspectos relacionados a sua operação e manutenção. Você se lembra do conceito de bacia sanitária? Vamos, agora, ampliar um pouco mais o foco de discussão, tratando da bacia hidrográfica.

Sabemos que existem diferentes soluções possíveis para o esgotamento sanitário de uma localidade e que a definição da mais adequada depende de diversos aspectos, demandando um estudo criterioso que engloba as diversas variáveis envolvidas.

Contudo, é de extrema importância que os estudos norteadores para a tomada de decisão levem em consideração não só os aspectos locais, mas também as características da bacia hidrográfica na qual se insere a localidade a ser esgotada.

Reflita e se manifeste...

Quais as diferenças e semelhanças entre o conceito de bacia sanitária e o de bacia hidrográfica? Qual a influência da bacia sanitária na bacia hidrográfica? Como as atividades de operação e manutenção de estações elevatórias podem influenciar os recursos da bacia hidrográfica? E como podem afetar a saúde da população?

....

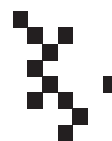
....

....

....

....

Vimos que os sistemas de esgotamento sanitário impactam o meio ambiente e a saúde das pessoas, e que o seu trabalho é de extrema importância para o alcance dos objetivos da implantação de sistemas de esgotamento sanitário, cujo princípio é a preservação ambiental e a proteção da saúde das pessoas.

Contudo, para ampliar o alcance das ações de saneamento, é necessário que o seu planejamento seja realizado de forma integrada, considerando a atuação em limites físicos adequados para tanto, e não nos limites políticos estabelecidos pela sociedade. As ações sanitárias, invariavelmente, são planejadas no âmbito da bacia hidrográfica em que serão aplicadas.

Para ler e refletir...

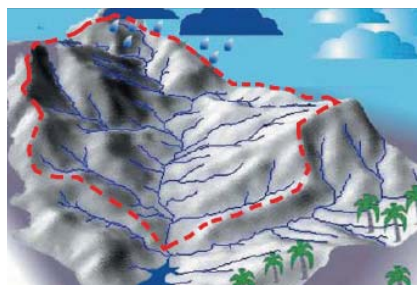
Importância da bacia hidrográfica

A ocupação de uma bacia hidrográfica deve ser sempre planejada. Deve-se proteger os mananciais, avaliar a influência da impermeabilização do solo sobre os corpos d'água na bacia, destinar os esgotos e o lixo adequadamente, evitar o uso de agrotóxicos e cuidar para que as indústrias não lancem poluentes que prejudiquem a qualidade da água e o meio ambiente. O não planejamento da ocupação da bacia pode trazer diversas conseqüências para a saúde pública, como surtos de diarréia, malária, dengue, esquistossomose etc.

As diferentes formas de interação entre as ações do homem e as conseqüentes alterações impostas sobre o meio levaram ao desenvolvimento de ferramentas de controle, como as apresentadas durante a oficina de capacitação, capazes de atenuar os impactos causados ao meio ambiente e à saúde pública.

Essas ferramentas, principalmente as ações de saneamento, são particularmente potencializadas quando aplicadas de forma integrada no contexto da bacia hidrográfica, considerando, tanto quanto possível, as especificidades locais, embora sempre levando em consideração a sua inserção num contexto mais global.

No âmbito da gestão dos serviços de saneamento, meio ambiente e recursos hídricos, a importância das bacias hidrográficas, para a garantia do desenvolvimento e da qualidade de vida das populações, é tão grande que o planejamento governamental e a atuação das comunidades devem ser feitos por bacias hidrográficas.

A **bacia hidrográfica** é uma área natural cujos limites são definidos pelos pontos mais altos do relevo (divisores de água ou espigões dos montes ou montanhas) e dentro da qual a água das chuvas é drenada superficialmente por um curso de água principal até sua saída da bacia, no local mais baixo do relevo, ou seja, na foz do curso d'água.

Chegamos ao fim da nossa oficina de capacitação. É um bom momento para refletirmos sobre o que aprendemos e avaliarmos o atendimento às nossas expectativas iniciais.

Hidráulica e Eletricidade

Noções Básicas de Hidráulica e Eletricidade

Amigo Profissional vamos agora entender alguns fundamentos de hidráulica e eletricidade relacionados às EEE.

Hidráulica relacionada às EEE

A hidráulica cuida dos conceitos e formulações para que possamos, não só projetar, como também operar de forma adequada uma estação elevatória, bem como as outras partes constituintes do sistema de esgotamento sanitário.

Pressão

Pressão é a força exercida em uma determinada área de uma superfície. Pode ser expressa em diferentes unidades, dentre elas: metros de coluna de água (m.c.a.), quilopascal (kPa) e quilograma força por centímetro quadrado (kgf/cm^2).

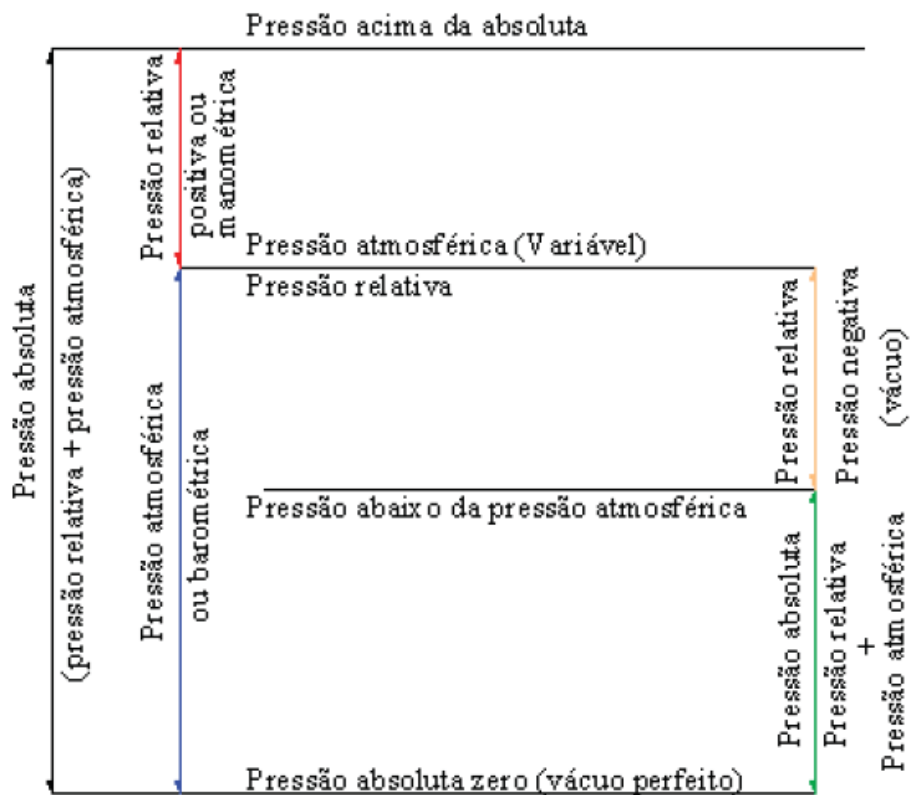
1 atm = 10 m.c.a = 1 kgf/cm^2 = 0,1 Mpa = 736 mm Hg

Um exemplo de pressão é a pressão atmosférica ou barométrica. Esta é a pressão exercida pela atmosfera (camada de ar) sobre qualquer corpo situado na superfície da Terra, a qual varia de lugar para lugar, sendo dependente da altitude e da temperatura.

Quando a altitude eleva-se, a pressão atmosférica diminui. A água, em lugares mais altos, ferve em temperaturas mais baixas.

No Rio de Janeiro (que está no nível do mar), a pressão atmosférica é de 10,33 m.c.a. ou 1 atm. Já no Monte Everest, o monte mais alto da terra, cuja altitude é de 8848m, a pressão é 3,61 m.c.a. ou 0, 35 atm.

Quando há competição de futebol em lugares em que a altitude é acima de 2.750 metros acima do nível do mar, muitos jogadores passam mal durante o jogo.

Pressão efetiva é a pressão exercida por uma coluna de água (ou outro fluido). Essa pressão não depende do volume, mas somente da altura da coluna e das características da água. Manômetros são os aparelhos utilizados para medir a pressão efetiva (ou manométrica). Quando a pressão efetiva é menor que zero, ela é chamada de vácuo, sucção ou depressão. Pressão absoluta é a soma da pressão atmosférica (camada de ar) e da pressão efetiva (coluna de água).

Fluido

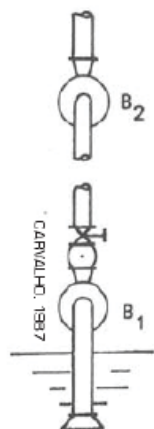
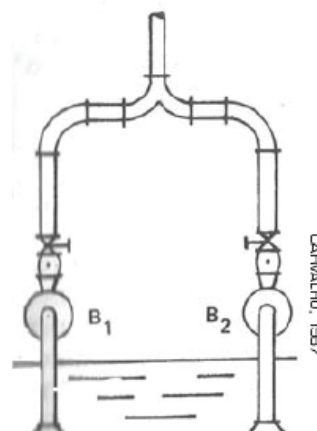
Fluido é qualquer substância não sólida capaz de escoar e assumir a forma do recipiente que a contém. Os fluídos podem ser líquidos e gases.

Classificação do escoamento dos líquidos

Uma classificação básica diz respeito à pressão reinante no conduto, podendo o escoamento ser forçado ou livre. No primeiro caso a pressão é sempre diferente da atmosférica e, portanto, o conduto tem que ser fechado, como nas tubulações de recalque e sucção das bombas. No escoamento livre a pressão na superfície do líquido é igual à atmosférica, podendo o conduto ser aberto, como nos canais fluviais, ou fechado, como nas redes coletoras de esgoto sanitário.

Associação de bombas

As bombas podem ser instaladas de modo que uma mesma vazão passe seqüencialmente por duas ou mais delas. Neste caso, podem ser instaladas em uma única casa de bombas ou inseridas em pontos convenientemente escolhidos ao longo da linha de recalque. Na associação de bombas em série, cada uma é responsável por uma parcela da altura manométrica total do sistema elevatório correspondente à vazão de recalque.

Em elevatórias o mais comum é terem-se duas ou mais bombas que podem operar, individualmente ou associadas em paralelo, enviando o líquido recalcado através de uma única tubulação de recalque. Com duas ou mais bombas operando simultaneamente em paralelo, cada bomba é responsável por uma parcela da vazão total recalcada.

Bombas (B_1 e B_2) em série

Bombas (B_1 e B_2) em paralelo

Capacidade de bombeamento

A capacidade da bomba é o volume de esgoto que ela consegue descarregar em um período determinado. Este conceito deve ser interpretado como sendo a vazão máxima recalcada pela bomba. A capacidade da elevatória é o volume máximo de esgoto que todas as bombas instaladas recalcam em um período determinado, excetuando-se a bomba reserva. Se o conjunto de bombeamento recalca uma vazão menor do que a capacidade da bomba, dizemos que a bomba está operando em subcarga.

Altura geométrica de sucção

Altura geométrica de sucção (H_s) é o desnível geométrico entre o nível de água no poço de sucção e a linha de centro da bomba. Se o nível de sucção esta abaixo da linha de centro da bomba, diz-se que a sucção é negativa, quando ocorre o inverso, diz-se que a sucção é positiva.

Altura geométrica de recalque

Altura geométrica de recalque (H_r) é o desnível geométrico entre linha de centro da bomba e o nível do líquido onde chega a tubulação de recalque.

Altura geométrica total

Altura geométrica total (H_g) é o desnível geométrico entre o nível do líquido no poço de sucção e o nível do líquido onde chega a tubulação de recalque.

Perdas de carga

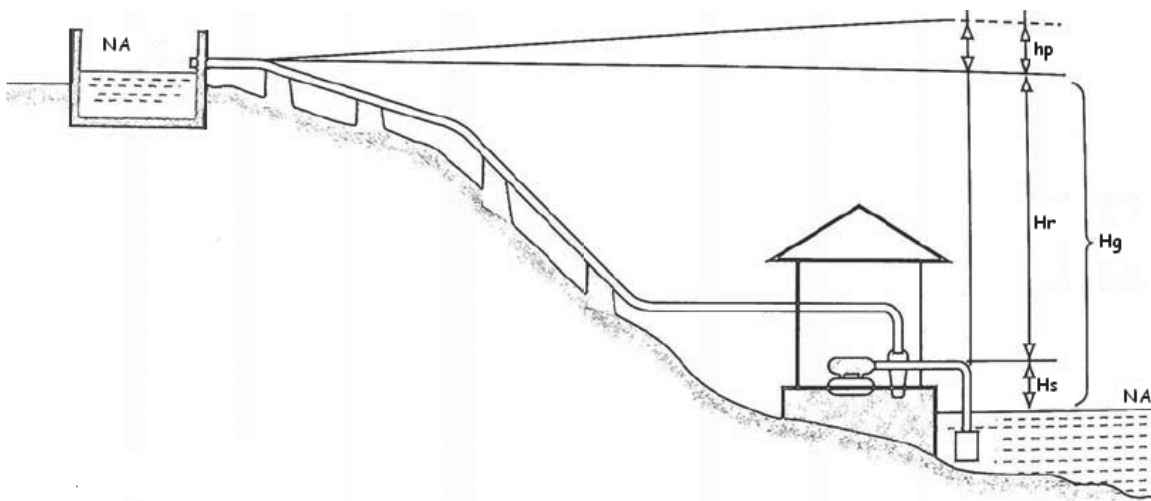
Perda de carga (h_p) é a perda de energia na forma de calor originada pela resistência oferecida nas tubulações e acessórios ao escoamento do fluido.

Esta resistência é maior, quanto menor for o diâmetro da tubulação, quanto maior for o comprimento da tubulação, quanto mais conexões, peças e acessórios houver na condução do liquido e quanto mais rugoso for o tipo de material dos tubos, além de outros fatores.

A perda de carga pode ser contínua ou localizada. A perda de carga contínua é a perda de carga ao longo das tubulações. Já a perda de carga localizada é a perda de cargas nas conexões, peças e acessórios utilizados.

Altura manométrica total

Altura manométrica (H_{man}) é a carga que deve ser vencida pela bomba, quando o líquido está sendo bombeado. Para sua determinação devem ser consideradas as alturas geométricas (sucção e recalque), as perdas de carga e as cargas cinéticas.

$$H_g = H_s + H_r$$
$$H_{man} \approx H_g + h_p$$

Potência hidráulica

Potencia hidráulica é a potência para elevar a vazão do líquido, de modo a vencer a altura manométrica total. No caso de escolha de bomba é mais freqüente o uso de cavalo vapor (cv) para unidade de potência.

A formulação para o cálculo da potência hidráulica é a seguinte:

$$P_H = \frac{\gamma . Q . H_m}{75}$$

Na qual:
P_H = potência hidráulica em cv
γ = peso especifico da água em kgf/m³ (aproximadamente 1000 kgf/m³)
Q = vazão bombeada em m³/s
H_{man} = altura manométrica em m.

Eficiência ou rendimento da bomba e potência recebida pela bomba

O rendimento de uma bomba é a relação entre a energia oferecida pelo motor e a energia absorvida pela bomba. Ele varia conforme a vazão, altura manométrica e o tipo de bomba. Normalmente, o rendimento varia entre 30% a 90%.

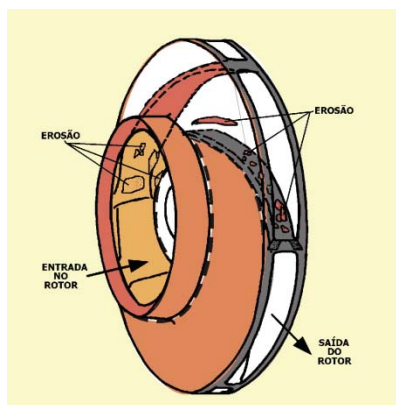
A potência da bomba ou potencia transmitida pelo motor é dada por:

$$P_H = \frac{\gamma . Q . H_m}{75 . \eta}$$

Na qual:
PB = potência da bomba em cv
η = eficiência da bomba em %

Cavitação

Fenômeno em que se constata a formação e o estouro de bolhas de gás nas palhetas do rotor da bomba. Na operação de bombas centrifugas, duas condições operacionais vinculam-se com o fenômeno da cavitação: bombas centrífugas convencionais operando com vazões muito grandes, além do limite operacional recomendado; e bombas centrífugas auto-escorvantes operando em sistemas mal projetados e/ou operados.

Uma cavitação mais severa provocará vibrações do conjunto acompanhadas de ruídos, redução da sua eficiência, desalinhamento dos eixos, estragos no rotor e em outras peças da bomba. A figura a seguir apresenta detalhes da erosão do rotor de uma bomba causada pela cavitação.

Erosão do rotor da bomba causada pela cavitação

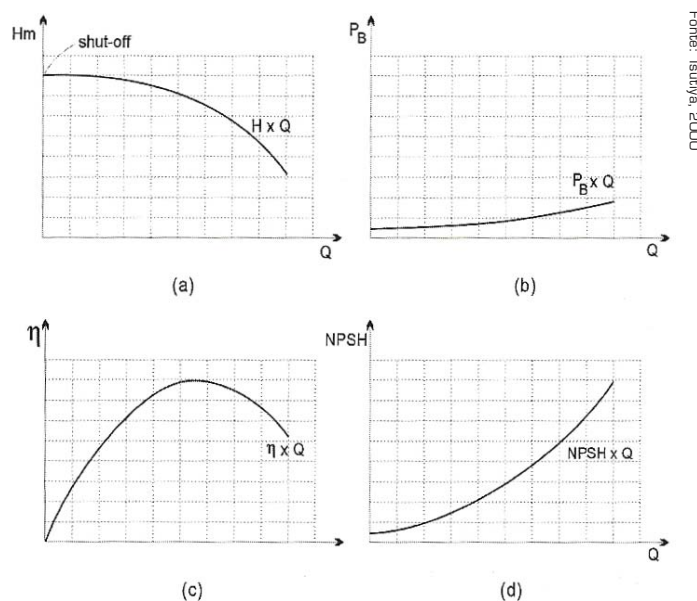
Detalhes da erosão do rotor de uma bomba centrífuga

A fim de se evitar a ocorrência de cavitação, é necessário determinar o NPSH (sigla em inglês que significa *"Energia Disponível no Líquido na Entrada da bomba"*) disponível no sistema e garantir que ele seja maior que o NPSH requerido pela bomba (a partir da curva característica do sistema).

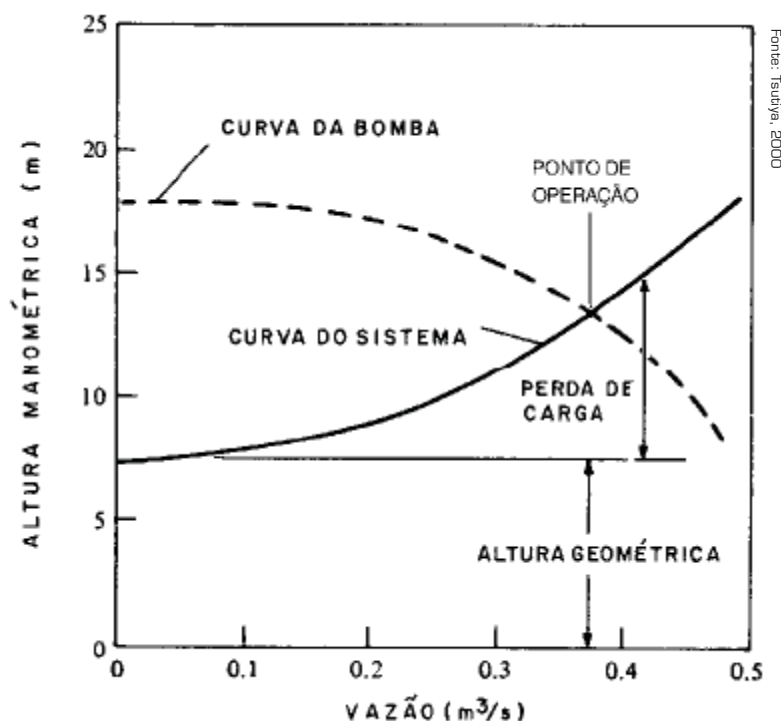
$NPSH_d$: energia existente na instalação para permitir a sucção do líquido.
$NPSH_r$: energia que a bomba necessita para succionar o líquido sem cavitar.

Curvas características das bombas centrífugas

O desempenho de uma bomba é mostrado pelas suas curvas características de desempenho, onde sua vazão é colocada em gráfico relacionada com a altura manométrica. Dentre as curvas de desempenho da bomba também há gráficos que relacionam seu rendimento, sua potência requerida e seu NPSH requerido em função da vazão. Outras informações são fornecidas juntamente com as curvas como a rotação (em rpm), o tamanho da bomba, o tipo e tamanho do impulsor etc. As curvas são construídas para uma rotação constante e um determinado diâmetro de rotor (ou série de diâmetros). Essas curvas são geradas por testes executados pelo fabricante da bomba e disponibilizadas por eles.

Fonte: Tsutiya, 2000

As informações contidas nestas curvas são essenciais para a escolha da bomba e para o modo de operação da elevatória. Por exemplo, cada bomba é projetada, basicamente, para elevar uma determinada vazão (Q) a uma altura manométrica total (H) em condições de máximo rendimento, e à medida que o par Q e H se afasta das condições ótimas de operação, o rendimento da bomba tende a cair.

Curva característica do sistema elevatório

É a que relaciona a altura manométrica total do sistema de elevação do líquido com a vazão de bombeamento. Esta curva é obtida lançando-se em um gráfico a vazão (Q) em abscissa (eixo horizontal) e sua correspondente altura manométrica (H) em ordenada (eixo vertical). A interseção da curva da bomba com a do sistema, representa o ponto de funcionamento da bomba, no qual são definidas a vazão e a altura manométrica de operação do sistema elevatório.

Golpe de aríete

Por golpe de aríete se denominam as ondas de pressão decorrentes de variações bruscas da vazão impostas ao fluxo de líquidos no interior de condutos. Isto quer dizer que o golpe de aríete ocorre quando se aumenta ou diminui a vazão, porém de uma maneira suficientemente rápida para que as forças elásticas do líquido e do conduto sejam mobilizadas, dando origem a ondas de pressão que se propagam ao longo do conduto.

Em condutos de recalque providos de válvulas de retenção logo após a bomba, e sem dispositivos de proteção contra o golpe, a situação de ocorrência do golpe de aríete de forma mais desfavorável, e que se verifica com mais freqüência, é aquela decorrente da interrupção brusca do fornecimento de energia elétrica ao motor da bomba que alimenta o conduto. É nesta situação onde corriqueiramente se verificam valores extremos para o golpe.

No instante em que ocorre a interrupção, se inicia, devido à diminuição da rotação do motor, uma variação da pressão na coluna líquida, imediatamente a jusante da bomba, que se propaga na forma de onda até o final do conduto, onde se reflete e retrocede até a bomba. Encontrando a válvula de retenção fechada, a pressão se eleva e reflete-se novamente para o final do conduto, e assim sucessivamente, ao mesmo tempo em que a amplitude destas ondas de pressão vão sendo gradativamente amortecidas devido ao atrito interno.

Algumas medidas gerais contra o golpe de aríete são: aumento do tempo de abertura e/ou fechamento das válvulas de controle, aumento da espessura da tubulação, redução da velocidade de escoamento e maior controle na operação das bombas (partida ou parada).

Hidráulica do poço de sucção

O *volume do poço de sucção* pode ser expresso como volume útil e volume efetivo. Volume útil é o volume líquido compreendido entre o nível máximo e o nível mínimo de operação do poço (faixa de operação das bombas). Volume efetivo, utilizado para o cálculo do tempo de retenção de esgotos, é aquele compreendido entre o fundo do poço e o nível médio de operação das bombas.

O *tempo de ciclo (T)* consta de duas parcelas: o tempo necessário para encher o poço do nível mais inferior (que desliga a bomba) até o nível mais superior (que liga a bomba) e o tempo necessário para esvaziar o poço desde o nível de liga e o nível de desliga. Esse parâmetro é de fundamental importância, pois durante a partida do motor da bomba é gerada uma determinada quantidade de calor. Essa energia liberada em cada partida deverá ser dissipada, sendo que um número excessivo de partidas poderá levar o motor a um superaquecimento. A dissipação dessa energia é feita através de um intervalo de tempo adequado entre partidas sucessivas do motor da bomba.

Tempo de detenção hidráulica (TDH) do esgoto é o tempo médio em que o esgoto permanece no poço de sucção, calculado pela razão entre o volume efetivo do poço de sucção e a vazão média afluente. O tempo de detenção é um parâmetro importante, uma vez que a permanência excessiva do esgoto bruto no poço acarretará a liberação de gases mal cheirosos e de efeito corrosivo para as estruturas.

Eletricidade básica relacionada com EEE

Apresentamos a seguir algumas definições e conceitos básicos de eletricidade associados às estações elevatórias de esgotos.

Energia elétrica

A energia elétrica manifesta-se em nossos sentidos por seus efeitos: magnético (rotação de um motor), térmico (aquecimento de um condutor), luminoso (incandescência de uma lâmpada), fisiológico (choque elétrico).

Transformação de energia

“A energia nunca desaparece. Transforma-se, pois ela é indestrutível.” Em uma usina hidrelétrica, as turbinas transformam a energia mecânica em energia elétrica. Uma das formas de realizar o processo inverso é pela utilização do motor elétrico, que recebe energia elétrica nas bobinas do seu enrolamento e a transforma em mecânica, que aparece em forma de rotação do seu eixo.

Corrente elétrica

Corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas elétricas por um condutor. A intensidade de corrente se refere à quantidade de cargas elétricas, num dado momento, que passa num ponto qualquer de um circuito elétrico. O aparelho utilizado para medir a intensidade de corrente (em ampére) de um circuito é o amperímetro.

Tensão elétrica

Para que haja movimento de cargas elétricas em um circuito é necessário que alguma força ou pressão apareça para fazer com que essas cargas elétricas se movimentem. A esta pressão damos o nome de diferença de potencial (d.d.p.) ou tensão, que nos é dada em volts. O aparelho utilizado para medir a tensão elétrica chama-se voltímetro.

Resistência elétrica

Resistência é a dificuldade que um condutor oferece à passagem da corrente elétrica. A resistência elétrica é dada de acordo com o próprio material, conforme a facilidade ou não da movimentação dos seus elétrons.

Efeito Joule

Quando um condutor é aquecido ao ser percorrido por uma corrente elétrica, ocorre uma transformação de energia elétrica em energia térmica. Este fenômeno é conhecido como Efeito Joule.

Choque elétrico

O choque elétrico é causado por uma corrente elétrica que passa através do corpo humano ou de um animal qualquer. O pior choque é aquele que se origina quando uma corrente elétrica entra pela mão da pessoa e sai pela outra. Nesse caso, atravessando o tórax, ela tem grande chance de afetar o coração e a respiração. O valor mínimo de corrente que uma pessoa pode perceber é 1 mA. Com uma corrente de 10 mA, a pessoa perde o controle dos músculos, sendo difícil abrir as mãos para se livrar do contato. O valor mortal está compreendido entre 10 mA e 3 A.

Corrente de partida de motor

É comum encontrarmos motores gerando corrente elétrica de partida igual a 7 ou 8 vezes a corrente nominal de operação. E isto pode trazer prejuízos. São três os métodos de partida mais utilizados no acionamento de motores elétricos de indução:

1) Partida direta: o motor é ligado de uma só vez na rede elétrica. A corrente de partida pode atingir mais de seis vezes a corrente nominal. É a solução mais barata.
2) Partida estrela-triângulo: trata-se de alterar o fechamento das bobinas internas do motor, inicialmente em estrela (Y), para triângulo (Δ). Na verdade esse sistema divide um grande pico de corrente de partida em dois menores.
3) Partida com chave compensadora: esquema elétrico que utiliza autotransformador.

Além dessas formas tradicionais de partida de motores, começa a tomar força no mercado os sistemas conhecidos como softstart. Os *softstarters* são utilizados basicamente para

partidas de motores de indução CA (corrente alternada) tipo gaiola, em substituição aos métodos estrela-triângulo, chave compensadora ou partida direta. Tem a vantagem de não provocar trancos no sistema, limitar a corrente de partida, evitar picos de corrente e ainda incorporar parada suave e proteções.

O acionamento de motores elétricos pode ser realizado através de contatores com a partida direta para potências iguais ou inferiores a 5 cv ou com partida estrela/triângulo para potências superiores a 5 cv. Os dispositivos de partida suave (*softstarters*) e variadores de velocidade também podem ser utilizados quando não se pode mais fazer a partida direta.

O inversor de freqüência, quando usado, pode servir ao fim de controlar a corrente de partida também. No entanto, quando não for necessário controlar a velocidade de rotação, sua instalação unicamente para controle de partida pode se tornar bem mais cara.

Quadro de comando

Os elementos mais importantes que podem ser encontrados em um quadro de comando são listados e descritos a seguir.

Chave Seccionadora: em todos os casos onde haja mais de um motor, haverá uma chave seccionadora geral para permitir a desenergização dos circuitos e uma manutenção segura.

Chaves Seletoras: as opções de seleção para bombas ativa/reserva bem como para automático/manual são realizadas através da chave seletora instalada na porta do quadro, com ação direta sobre o circuito de comando, tornando segura sua operação. Desta forma, por ocasião de um problema qualquer na bomba “ativa”, é possível, de imediato, colocar em operação a bomba “reserva”, com o simples acionamento da chave seletora correspondente.

Sinalização: cada motor (bomba) possui uma lâmpada sinalizadora no quadro que, quando acesa, indica que o motor correspondente foi acionado. Pode acontecer da lâmpada ascender e o motor correspondente não entrar em funcionamento, por defeito deste.

Fusíveis Principais: todos os motores possuem proteção contra correntes de curto-circuito através dos fusíveis correspondentes.

Fusíveis de Comando: o circuito de comando possui fusíveis exclusivos para proteção contra curto-circuito, derivando-se após os fusíveis principais.

Contatores: o acionamento dos motores dar-se-á através de contatores dimensionados de acordo com a potência nominal dos mesmos, considerando-se, no caso de partida suavizada, as reduções adequadas. Podem existir diversos contatores auxiliares para a execução das funções necessárias de comando e sinalização, de forma independente.

Relé Térmico ou Relé de Sobrecarga: a proteção contra sobrecarga dos motores elétricos deve ser realizada através de relés do tipo bi-metálico ou eletrônico, ajustados na corrente nominal do respectivo motor.

Automação

Cada vez mais os sistemas de esgotamento estão sendo automatizadas. A modernização do controle dos sistemas elevatórios vem sendo realizada por meio de implantação de sistema de telemetria (técnica de obtenção, processamento e transmissão de dados a longa distância) e telecomando (emissão de sinais por linha de comunicação, para executar comandos a distância, como por controle remoto).

A instalação de receptores e transmissores de dados tem o objetivo de informar os dados, proporcionando, ao operador, condições de acompanhar, por exemplo, a variação do nível de esgoto em um poço de sucção distante, possibilitando-o acionar bombas, também a distância, caso seja necessário.

As informações podem ser transmitidas através de sinais de rádio e centralizadas em um centro de controle operacional, o que permite ao operador acompanhar, em tempo real, o que ocorre ao longo de todo o sistema.

Painel de telemetria

Os registros de dados, como o nível dos reservatórios, a vazão e a pressão da rede, a tensão e a corrente, a partida dos motores ou alarmes, podem ser transmitidos em tempo real.

Para saber mais...

Para obter mais informações sobre "Operação e manutenção de estações elevatória de esgotos", consulte a bibliografia listada a seguir.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR–12208/1992, Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário, 1992, 5p.

BARROS, R. T. V.; CASSEB, M. M. S.; CASTRO, A. A.; CHERNICHARO, C. A. L; COSTA, A. M. L. HELLER, L.; MÖLLER, L. M.; von SPERLING E.; von SPERLING, M.. *Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios*. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, v.2, 1995, 221p.

BORGES, K. L. *Análise e redimensionamento das estações elevatórias de esgoto no município de Araguari-MG*. VII Exposição de Experiências Municipais em Saneamento 2003, ASSEMAE.

CRESPO, P. G.; *Elevatórias nos sistemas de esgotos*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001, 290p.

Manual de Treinamento Manutenção. Centro de Treinamento do Produto, KSB Bombas Hidráulicas S/A. 8º Edição, 2003.

TSUTIYA, M. T. ; ALEM SOBRINHO, P. . *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. São Paulo: Winner Graph, 1999. V. 1. 547 p.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2005, 243p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 1).